ISSN 0376-477X

中華農業研究

第五十一卷　　第 二 期

目　　次

食用白玉米台農４號之育成
................................謝光照　何千里　盧煌勝　陳炳輝　蔡志濃　劉慧瑛… 1
仙草品種(系)間多醣體成分之組成與含量分析
....胡敏夫　羅淑卿　劉新裕…17
台灣原生細本山葡萄的選種與栽培(I)細本山葡萄的外表型變異
................................林義恭　劉新裕　賴瑞聲　胡敏夫　高瑞隆　徐原田…24
芋葉大小與形狀之生長型式量化分析及季節性變異
....呂秀英　魏夢麗　呂椿棠　陳烈夫…32
台灣與日本土壤有機質的分解聚積模擬與肥力維持...........陳琦玲　連　深…50
台中地區1960-1999年間之溫度及降雨分析
....姚銘輝　盧虎生　朱　鈞　蔡金川…66
台灣新記錄害蟲-石蒜綿粉介殼蟲 (*Phenacoccus solani* Ferris)
(Homoptera : Pseudococcidae) ....陳淑佩　陳秋男　翁振宇…79

中華民國九十一年六月

行政院農業委員會農業試驗所出版

中華民國　臺灣省　臺中縣　霧峰鄉

中華農業研究(J. Agric. Res. China) 51(2):1~16(2002)

食用白玉米台農4號之育成[1]

謝光照[2,7] 何千里[2] 盧煌勝[3] 陳炳輝[4] 蔡志濃[5] 劉慧瑛[6]

摘要：食用白玉米台農 4 號爲單雜交種，係由台灣本地種白玉米(台南白)品種，經自交分離所選留之自交系 81TNW208-1-3-3-1(父本)及 81TNW219-2-1-1-2 (母本)雜交而成。母本 81TNW219-2-1-1-2 係由花蓮地區所蒐集之台南白族群經自交分離至 S_5 所育成之自交系，具有生長強健，行數爲八行、籽粒大、對亞洲玉米螟爲中抗、及一般組合力高之特性；父本 81TNW208-1-3-3-1 係由屏東地區蒐集之台南白族群經自交分離至 S_5 世代所育成，具有植株生長旺盛、長穗型、籽粒行數八行、籽粒大、輪生期之玉米螟抗性爲中抗，一般組合力高等之特性。食用白玉米台農 4 號，植株外觀、株高及穗型整齊，穗長 20 公分左右，行數爲 8 行居多，花絲爲淡紅色，含苞葉鮮果穗產量較對照種台南白增產 34-39%；去苞葉鮮果穗產量介於 7395～8271kg/ha 之間，較對照種(台南白)增產 26～33%之間。對螟蟲之抗性，在輪生期及開花期均較對照種強；對南方型銹病、普通型銹病、葉斑病及煤紋病之抗性均爲中抗；但對露菌病及 MDMV-D 爲感病。適合於乳熟期至糊熟期前期採收，可獲得最佳之食用品質，採收之鮮果穗通常以水煮或碳烤，當作休閒食品消費。

關鍵詞：台南白、食用玉米、F_1 雜種。

前　言

台南白(Tainan-white, TNW)爲一天然混交種(Open-pollinated)，植株高大，約高 200-250 公分，穗位高約 80-120 公分，幼苗期莖部爲褐紅色，莖粗，直徑約 1.2-2.0 公分，綠色，但有 3~5%植株莖部爲褐紅色，葉片寬大，綠色，性狀極不整齊；除植株高低不一外，也有不結實株；果穗爲圓筒型，長約 15-18 公分，粒大，深度約 1 公分，橫寬約 1.2 公分，扁圓型，白色，大部分籽粒行數爲 8-10 行，呈馬齒型，但偶而有硬粒型出現。穗軸白色，直徑小而堅硬，每株結穗 1-2 穗，一般在乳熟期採收，鮮穗產量爲 5,000-6,000 Kg/ha。雄花抽穗日數約 60-75 天，吐絲日數爲 70-85 天，其變化視栽培季節溫度的高低而定。台南白對煤紋病、葉斑病及銹病具有中抗程度之抗性，但對露菌病及螟蟲之抵抗性較弱。

台南白玉米品種在台灣各地普遍栽培已有很久遠的歷史，且農民均採自行留種，加上台灣各地之

1.行政院農委會農業試驗所研究報告第 2109 號。接受日期：91 年 5 月 23 日。

2.本所農藝組副研究員、助理研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

3.前行政院農委會農業試驗所農藝系研究員。現任行政院農委會苗栗區農業改良場場長。臺灣省 苗栗縣。

4.原本所應動組研究員，現任副所長。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

5.本所植病組助理研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

6.本所農化組研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

7.通訊作者，電子郵件：x486045@wufeng.tari.gov.tw；傳眞機:(04)23302806。

農業生態型有顯著差異，因此在不同的栽培環境其產量及農藝性狀的表現上有明顯差異[1]；同時各不同地區之台南白玉米族群內存在著極大的遺傳變異[2,3]。目前所看到的台南白玉米品種呈現植株、果穗外表性狀等極爲不整齊，且有相當高比例之不孕穗植株產生，易倒伏，但有生長旺盛、籽實大，適應各種不同栽培環境之特性，故一直深受消費者喜愛。

本所以台南白品種爲材料，進行產量高、長穗型、行數八行，果穗外觀整齊且品質與台南白相同爲目標之育種，結果育成農試育單交種 TAWH84S-4 新品系，於民國 90 年 12 月申請初審，並於 91 年 2 月 5 日經田間複審審查通過，命名爲食用白玉米台農 4 號。

材料與方法

試驗項目、期間及地點

自交系培育及組合力檢定：(1)自交系的培育：1991 春作至 1992 秋作於農試所，將台灣八個不同地點蒐集而得之台南白族群，根據植株外觀、株型、穗型及果穗大小、抗病蟲性等，以一穗一行法進行自交系分離與選育，得 S_4 自交系。(2)族群內自交系一般組合力檢定：1993 秋作於農試所，上述每一族群選四個 S_4 之系統爲受檢親，以 CIMMYT 自交系當作檢定親進行測交種種子生產與組合力檢定。田間設計爲逢機排列，單行區，行長 6m，行株距 80x30cm，二重複。(3)特殊組合力檢定：1995 春作至 1995 裡作於農試所，以上述獲選之八個自交系(TNW-A~TNW-H)的全互交 28 個 F_1 雜種爲材料，以台南白品種爲對照種進行田間試驗。田間設計爲逢機完全區集，四重複，F_1 爲單行區，對照種爲 4 行區，行長 6m，行株距 80x30cm。

新品系比較試驗：於 1995 秋作至 1996 春作，由特殊組合力檢定中獲選之品系 3 個，以台南白品種爲對照，於雲林崙背鄉進行兩期作之新品系比較試驗。田間設計爲逢機完全區集，四重複，四行區，行長 6m，行株距 80x30cm。

新品系區域試驗：1997 秋作至 1999 春作，於苗栗通宵、雲林土庫、雲林崙背、嘉義六腳、屏東萬丹、花蓮吉安等六個主要產區進行兩年之新品系區域試驗。各地之田間設計爲 RCBD，四重複，四行區，行長 7m，行株距 80x30cm。

穩定性分析：以 1997 秋作至 1999 春作全省六個地點由兩年區域試驗之含苞葉及去苞葉鮮果穗產量資料進行分析。

氮肥及密度試驗：(1)氮肥試驗於 1999 春作在農試所進行試驗，田間設計爲 RCBD、四重複、三種氮肥等級(150,200,250kg-N/ha)。(2)密度:於 1999 春作在農試所進行試驗。田間設計爲 RCBD、四重複、三種密度等級(80x20, 80x30, 80x40cm)進行密度試驗。

品質分析及官能品嚐：於 1998 秋作至 2000 春作，以農試所及台南場使用 1998 秋、1999 春及 2000 春產量比較試驗之果穗爲材料，進行品嚐。

成份分析：1999 春作，委託農試所農化系以 TAWH84S-1,TAWH84S-4 及台南白對照種進行果穗成分分析。

抗病性檢定：1999 秋作，委託農試所植病系，在溫室進行人工接種檢定。

抗亞洲玉米螟蟲檢定：於 1995 秋作至 1996 春作，委託農試所應用動物系，在田間以人工接種幼蟲進行檢定。RCBD，三重複，單行區，行長 6m，行株距 80x30cm。

TAWH84S-4 **親本達到開花及吐絲期之累積溫度**：於 1995 春作至 1995 冬季裡作，在農試所進行親本之開花期及吐絲期調查，以生長之有效累積溫度(^{O}C-day)爲單位表示。

TAWH84S-4 **親本之農藝性狀**：1998 春作，於農試所調查田間親本 20 株農藝性狀之平均值。

玉米重要農藝性狀之調查項目

開花期(days to tasseling)：由播種起至小區中 50%植株達雄穗始花所需日數。吐絲期(days to

silking)：由播種起至小區中50%植株達雌穗開始吐絲所需日數。收穫期(days to harvest)：由播種起至小區中50%植株達可收穫所需日數。株高(plant height)：小區逢機取5株由地面至雄穗主軸頂端的平均高度，以cm表示。穗位高(ear height)：小區逢機取5株由地面至最上位雌穗基部平均高度，以cm表示。單株葉面積(leaf area per plant)：小區中逢機取5株，由頂端往下數，第八片葉的長度及最寬度的乘積，再乘以0.75x9.39，所得的cm^2數值的平均數[9]。稈徑(stem diameter)：小區逢機5株之地面第一節位中央的平均直徑，以cm表示。

穗長(ear length)：小區收穫後逢機選取5個穗，量取整穗長度的平均值，以cm表示。穗徑(ear diameter)：小區收穫後逢機選取5個穗，量取果穗中間部位寬度之平均值，以cm表示。籽粒行數(row number/ear)：小區收穫後逢機選取5個穗，穗上籽粒行數的平均值。每行粒數(kernel number/row)：小區收穫後逢機選取5個穗，每穗逢機一行計算其籽粒數之平均值。脫粒率(shelling rate)：小區收穫後逢機選取5個穗，脫粒後鮮籽粒重佔鮮果穗重的百分比。百粒重(100-kernel weight)：小區收穫後逢機選取5個穗，脫粒後逢機取百粒種籽的平均重量，以g表示之。

果穗率(ear percentage)：鮮果穗佔含苞葉果穗之比率。合格穗率(ear length >15cm)：鮮果穗之穗長在15公分(含)以上果穗之比率。鮮果穗產量(ear fresh weight)：小區中50%以植株達乳熟期時之鮮果穗重量，以kg/m^2或kg/ha表示。果穗乾重(ear dry weight)：達生理成熟期之5個逢機果穗，以70℃之烘乾機烘7天，待回溫至常溫下，稱其果穗乾重，再換算爲以kg/ha表示。籽粒重(kernel dry weight)：達生理成熟期之5個逢機果穗，經烘乾脫粒後，稱其籽粒重，再換算爲以kg/ha表示。籽粒深度(kernel depth)：達生理成熟期之烘乾果穗脫粒後，每小區取10粒量其深度之平均值，以mm表示。百粒體積(100-kernel volume)：烘乾之5逢機果穗之籽粒，逢機取100粒，利用排水法，以100ml之量筒，加上40ml水後，再倒入種子，震動排出種子表面氣泡後，記錄其上升之體積，以ml表示。

食用白玉米品質品評標準

食用白玉米鮮食評分內容說明如下：1.果穗外觀、子粒色澤、充實度、嫩度及風味評審內容。2.香味與甜度：依咀嚼時之黏稠度及芳香味進行評分。

各評審項目等級及分數如下：1.果穗外觀(20%)：上級(20-15分)、中級(14-8分)、下級(7-1分)。2.子粒色澤(10%)：上級(10-8分)、中級(7-5分)、下級(4-1分)。3.充實度：(15%)上級(15-10分)、中級(9-5分)、下級(4-1分)。4.嫩度(15%)：上級(15-10分)、中級(9-5分)、下級(4-1分)。5.風味(20%)：上級(20-15分)、中級(14-8分)、下級(7-1分)。6.甜度及香味(20%)：上級(20-15分)、中級(14-8分)、下級(7-1分)。

化學品質分析內容：

食用白玉米品質分析項目包括總糖、澱粉、果皮韌度、果皮及水分含量等五項，其測定方法分述如下：

總糖含量(total sugar content)：(1)5g樣品＋50ml 80％Alcohol→polytron打碎→3000rpm離心5 mins→傾出上層液。(2)將沈澱物再加40ml 80％Alcohol以3000rpm離心5 mins→傾出上層液。(3)混合二次上層液定量至100ml→稀釋50倍→取1ml＋1ml 5％ phenol reagent＋5ml conc. H_2SO_4→振盪均勻→靜置30 mins于488 nm波長測其吸光度，並以不同濃度之glucose溶液做標準曲線。

澱粉含量(starch content)：將抽取可溶性多糖所餘之沈澱物加入鹽酸轉化2.5小時後，加水定量至100 ml，再稀釋50倍以苯硫酸法測定含量。

水分含量(moisture content)：由白玉米鮮穗之中段稱取10克籽粒，置於定溫乾燥箱內，以105℃烘乾24小時，或以70℃進行眞空乾燥，取出後稱其乾重，並求出水分含量。

果皮韌度(pericarp tenderness)：果皮韌度之測定乃利用美國Chatillon公司出產的穿透力計(Puncture meter)以2號針在子粒果皮上施加壓力，以其刺破表皮時之壓力(單位GMS)來表示果皮韌度。

果皮含量(pericarp content)：取100g樣品＋200 ml水→在果汁機中打碎5 mins→以30 mesh之篩

網盛裝→用水沖洗至所流出物爲不含玉米汁之澄清液→將濾渣在 oven 中以 105℃烘乾 24 hr.→即可求出果皮含量。

上述各項分析結果均以鮮重表示，以對照種 TNW 爲對照，判定各參試品系品質之優劣。

玉米主要病害檢定方法

玉米普通型(*Puccinia polysira* 引起)**及南方型銹病**(*Puccinia sorghi* 引起)：幼苗檢定：種子發芽後置於生長箱中培育，至 4～6 片葉完全展開時，以噴霧器接種病原，經 6～10 天紀錄發病程度，依照孢子堆數目與標準比對表比對，區分爲極抗(0-5%)、抗(6-10%)、中抗(11-30%)；感(31-60%)及極感(61-100%)等 5 級。

玉米煤紋病(*Helminthosporium turcicum* 引起)：幼苗檢定：種子發芽後置於生長箱中培育，至植株長至 6～7 片葉時，以噴霧器接種病原，並以透明塑膠布覆蓋保持濕度，溫度保持在 24℃+1℃，光照時間 12 小時，經過 24 小時後掀去塑膠布。接種後 15 天，調查發病結果，依發病度區分受檢材料爲極抗(0-5%)、抗(6-10%)、中抗(11-30%)、感(31-60%)、極感(61-100%)等 5 級。

葉斑病(*Heminthosprium maydis Nishik. et Miyake* 引起)：幼苗檢定：同煤紋病。

玉米露菌病(Downy mildew)：先種植感病之甘蔗以建立病圃，於每年 3 月初或 10 月底，在病圃內播種玉米，利用罹病甘蔗所產生之孢子自然接種，至病徵出現後進行調查發病率，並區分供試材料爲極抗(0-5%)、抗(6-20%)、中抗(21-50%)、感(51-80%)、極感(81-100%)等 5 級。

玉米病毒病(Maize dwarf mosaic Virus-B strain)：春秋兩季，晝溫 20～30℃時，供試玉米品系於 3～4 葉齡期，接種玉米矮化嵌紋病毒 B 型系統(MDMV-B)，置溫室中，7 天與 15 天分別調查病徵，判定各株之病害係數(disease coefficient)。完全無病徵者，係數爲 0；第 7 天調查出現黃斑嵌紋或局部病斑，但第 15 天調查時新生葉並未出現系統性病徵，係數爲 2；第 7 天調查時無病徵，第 15 天調查時才出現系統性病徵，係數爲 3；急速型系統性病徵者，兩次調查都有明顯病徵，但病勢發展較快，係數爲 4。根據每個品系各株的病害係數，算出該品系的病害指數(disease index；D.I.)。D.I.=100x $(4xN_1+3xN_2+2xN_3+0xN_4)/(N_1+N_2+N_3+N_4)x4$，式中 N_1、N_2、N_3、N_4 及 4、3、2、0 分別爲該係數項下之植株數與病害係數。供試品系依據其 D.I.值區分爲極抗(0-5%)、抗(6-20%)、中抗(21-50%)、感(51-80%)、極感(81-100%)等 5 級[6]。

莖腐病(stem rot disease)：於隔離檢定圃播種玉米，俟植株長至 40 公分高時，將病原接種於離地面第二節莖稈上，接種一星期，調查發病率，依發病率，區分供試品系爲極抗(0-5%)、抗(6-20%)、中抗(21-50%)、感(51-80%)、極感(81-100%)等 5 級。

成株田間自然發病之病害調查依 Miller *et al.* [8]之方法分 0.5 至 5 等六級，0.5 爲極抗；1 爲抗；2 爲中抗；3 爲中感；4 爲感；5 爲極感。

玉米主要蟲害檢定

玉米螟：輪生期(whorling)玉米抗螟性檢定：室內以人工飼料大量繁殖玉米螟並收集幼蟲，然後在田間玉米生長至 45～50cm 後，將幼蟲 8-10 隻接種於心葉內，連續接種 3～4 次，每次每株接種幼蟲 8-10 隻，每次接種間隔 2 天。於第一次接種 21 天後，檢查植株之抗蟲性。並將植株之抗蟲性分爲 5 等級。1 級(極抗)：葉面上不見食痕，或少許如針孔狀食痕或數葉片上有如子彈射穿食痕。2 級(抗)：數片葉面具有子彈射穿食痕或少許長型食痕。3 級(中抗)：半數以下葉片有長型食痕，食痕長度不超過 2.5 cm。4 級(感)：半數以上，三分之二以下葉片具長型食痕，其長度超過 2.5 cm。5 級(極感)：三分之二以上葉片具長型食痕，其長度超過 2.5 cm。

開花期(pollen shedding)**玉米抗螟性檢定**：在玉米開花期，將卵塊接種於雌穗上下葉之葉脈上，連續接種 3～4 次，每次每株接種 8-10 隻幼蟲。每次間隔 2 天。接種 50～60 天後，用刀將玉米莖縱面剖開，測量莖內玉米螟幼蟲食痕長度，其長以 cm 表示之。供試玉米抗螟性分下列等級：1 級(極抗)：玉米莖無受害狀，或食痕長度在 5 cm 以下。2 級(抗)：食痕長度在 6-10 cm 間。3 級(中抗)：食痕長度在

11-30 cm 間。4 級(感)：食痕長度在 31-40 cm 間。5 級(極感)：食痕長度在 41 cm 以上。

區域試驗蟲害之調查依爲害程度分爲分爲 0(零)、1(輕)、2(中)、及 3(重)四級。

結果與討論

自交系之培育

自交系之培育:由八個不同地點蒐集的台南白族群根據植株外觀整齊度、株型、穗型、果穗大小及抗病性等特性，以一穗一行法進行自交系之選育。

一般組合力檢定

係由八個不同地點之台南白族群各自自交分離至 S_4 世代之自交系，每一族群根據植株外觀整齊度、株型、穗型及果穗大小各選留四個，以 CIMMYT 引進具有高一般組合力之自交系 CML76、CML84、CML93、CML98 及 CML104 當作檢定親，進行測交種種子之生產。並於 1993 年秋作進行田間試驗。田間設計爲逢機排列，單行區，行長 6m，行株距 80x30cm，二重複。結果顯示各個族群內自交系之去苞葉果穗鮮重之一般組合力的表現有差異存在(表 1)。再根據幼苗整齊度(數值較小者爲佳)、株高及穗位高較矮者爲宜、且果穗率較大者爲優等原則綜合判斷後，選得 8 個自交系爲 TNWA-3、TNWB-1、TNWC-2、TNWD-2、TNWE-4、TNWF-1、TNWG-4 及 TNWH-4 [4]。

特殊組合力檢定

上述 8 個自交系之半互交的 28 個 F_1 雜種與八個不同地點之台南白等量種子混合而成之族群爲對照種，於 1995 年春(3 月 28 日播種)、夏(5 月 8 日播種)、秋(9 月 4 日播種)及冬季裡作(10 月 26 日播種)於農試所進行試驗。結果顯示：

在春作環境下， F_1 雜種的去苞葉果穗鮮重表現與台南白族群相近或較優者有 G×C、H×G、E ×C、G×E 等組合(表 2)。其中穗長、穗徑及籽粒排列較整齊，籽粒行數較少且籽粒產量表現較佳的有 G×B、E×B、H×E、G×E 及 H×G 等組合[6]。

在夏作環境下，F_1 雜種中去苞葉果穗鮮重表現與對照種優或相近者有 E×C、G×E、H×C、H×E 及 H×G(表 2)；顯示在夏作高溫多雨的不良環境下，G×E、H×E 及 H×G 等 F_1 雜種表現也有較佳之雜種優勢的表現。

表 1. 台南白玉米族群分離之自交系以 5 個 CIMMYT 之自交系當檢定親本其去苞葉果穗鮮重之一般組合力檢定成績

Table 1. Combining ability test of inbreds derived from TNW populations, using CIMMYT inbreds as testers, evaluated in the fall of 1993

		Inbred line			
Population	Local	1	2	3	4
TNW A	TC [y]	0.77	0.79	0.95*[z]	0.79
TNW B	TN	0.91*	0.79	0.78	0.77
TNW C	YL	0.86	0.91*	0.87	0.88
TNW D	TY	0.85	0.96*	0.86	0.81
TNW E	TT	0.83	0.69	0.76	0.90*
TNW F	CH	0.91*	0.80	0.78	0.77
TNW G	PT	0.83	0.89	0.94	1.09*
TNW H	HL	0.77	0.76	0.82	0.94*

[z] *Selected inbred lines.

[y] TC:Taichung；TN:Tainan；YL:Yunlin；TY:Taoyuan；TT:Taitung；CH:Changhua；PT:Pingtung；HL:Hualien.

$LSD_{0.05}$= 0.11 , the value are the combining ability test of inbred line in same population.

表 2. 四個期作環境下 F_1 雜種與天然混合授粉台南白族群產量之平均值

Table 2. Means of yield of the diallel-cross hybrids and the check variety evaluated in four crop seasons

Hybrid (variety)	Ear fresh weight (kg/ha)			
	Spring	Summer	Fall	Winter
B ×A[z]	5925	3542	8550	9646
C ×A	5521	4354	8729	11646
C ×B	6071	5146	9154	9862
D ×A	6050	3229	8446	10175
D ×B	5146	3750	7883	9008
D ×C	6758	5562	10083	11854
E ×A	6133	4812	9217	9958
E ×B	6758	4445	9196	10333
E ×C	7916	6604	11292	11562
E ×D	6317	4458	9312	10383
F ×A	5438	3667	8104	8791
F ×B	5417	4042	6438	7404
F ×C	6146	5625	8300	9542
F ×D	5458	4104	6383	8792
F ×E	5446	3979	8904	7862
G ×A	6237	5758	11071	12187
G ×B	7321	5468	10320	9842
G ×C	8958	5458	10833	11687
G ×D	7279	4446	9452	11333
G ×E	7438	6146	10292	9854
G ×F	7250	3945	9342	8896
H ×A	5675	4938	10571	11404
H ×B	5800	3946	8862	8925
H ×C	7250	5938	10812	11021
H ×D	5666	4958	9508	9925
H ×E	7042	5813	9821	9425
H ×F	5383	3883	7779	8500
H ×G	8279	6937	11208	11925
TNW(ck)	6127	5217	9396	8270
$LSD_{0.05}$	1125	1208	1316	1054

[z] ♀×♂.

在秋作環境下， F_1 雜種去苞葉果穗鮮重表現與台南白相近或較優者有 E×C、G×A、G×B、G×C、G×E、H×A、H×C、D×C、H×E 及 H×G 等(表 2)。28 個 F_1 雜種中，表現優於或與對照種台南白相類似的約佔 1/3，顯然不同地區間之 F_1 雜種具有優良的雜種優勢存在，故表現較高之產量。

在冬季裡作環境下， 28 個 F_1 雜種中以 G×C、C×A、D×C 、G×A 及 H×G 等組合表現較爲突出(表 2)；其中 C×A、D×C、G×C 及 H×C 等組合之籽粒行數較多，且其籽粒深度、百粒重及百粒體積則較小，不符合大粒型，行數 8 行之育種目標[5]。

經過四期作，依據株型、穗型整齊度、穗長、行數、穗徑、果穗鮮重等綜合表現，並參考自交系之產量表現，選留 G×E、H×E 及 H×G 等三組合，雖然 G×E 及 H×E 在產量的表現上不是很突出，但具有優良的果穗特性，因而選留爲較優之 F_1 雜種。獲選三組合，在春作及夏作均表現較對照種台南白早開花及吐絲，而秋作及冬季裡作則稍晚於對照種；株高及穗位高的表現則與台南白族群相近；果穗鮮重不論在春、夏、秋及冬季裡作則較對照種增加 5～44%左右；穗徑的粗細與台南白族群並沒有太大的差異，表現極爲接近；穗長方面，三個獲選之組合均較台南白族群長；籽粒行數則以 8 行果穗居多；單行籽粒數則較台南白族群多；籽粒乾重之表現，不論那個期作均表現較對照種高產；籽粒深度、百粒重及百粒體積，除了夏作稍低於台南白族群外，其餘期作則表現較優或相近[5]。

新品系比較試驗

1995 年秋作以 G×E、H×E 及 H×G 等三個新品系與天然授粉品種台南白爲對照種進行試驗，田

間設計爲逢機完全區集，四重複，八行區，行長 6m，行株距 80x30cm。雲林崙背鄉農田產量比較試驗之結果，顯示三個新品系其含苞葉果穗重及去苞葉鮮果穗產量均較對照種高產，分別增加 5～18.0%及 4～8%左右；其穗長介於 21.8～25.8cm，穗徑爲 4.1～4.2cm，開花期及吐絲期比對照種稍晚，而其株高及穗位高與對照種間並沒有明顯差異(表 3)。

1996 年春作，同樣以 G×E、H×E 及 H×G 等三個新品系與對照種台南白進行產量比較試驗(表 3)，結果顯示三個新品系均較對照增產，其含苞葉果穗鮮重之增產率 G×E 爲 31%，H×E 爲 57%，H×G 則爲 43%左右；而其穗長則介於 22.5～24.0cm 之間，明顯的較對照種來得長；穗徑彼此之間則沒有明顯差異。開花、吐絲、株高及穗位高等表現與台南白相近。

新品系區域試驗

1997 年秋作至 1999 年春作在台灣六個地點進行區域試驗，地點包含苗栗通霄、雲林土庫、雲林崙背、嘉義六腳、屏東萬丹及花蓮吉安等。1997 年秋作全台灣六個地點之平均值，詳列於表 4，結果顯示 TAWH84S-4(H×G)的含苞葉果穗鮮重達 12668kg/ha，較對照種台南白增產達 34%；去苞葉果穗鮮重達 7418kg/ha，較對照種台南白增產達 26%。而其合格率達 89%，穗長爲 19.7cm，穗徑爲 4.20cm，籽粒行數爲 8.4 行，TAWH84S-4 較台南白晚熟約 4 天，株高與對照種相近,穗位高則低於對照種；銹病、葉斑病及螟蟲爲害情形則與對照種台南白無太大差異。

1998 年春作六個地點(新竹竹東、雲林土庫、雲林崙背、嘉義六腳、屏東萬丹及花蓮吉安)之平均值(表 5)，顯示春作環境下 TAWH84S-4 的含苞葉果穗鮮重達 13,597kg/ha，較對照種台南白增產達 39%，所有參加新品系中也以 TAWH84S-4 具有最高的合格穗率；其去苞葉果穗鮮重爲 8,271kg/ha，較對照種台南白增產 33%左右。其穗長爲 19.9cm，穗徑爲 4.02cm，籽粒行數爲 8 行，較對照種晚 3-4 天開花及吐絲，同時其成熟期也較對照晚 3 天左右；株高及穗位高表現與台南白相近；銹病、葉斑病及螟蟲爲害等級均呈現較對照種低。

1998 年秋作六個地點(新竹竹東、雲林土庫、雲林崙背、嘉義六腳、屏東萬丹及花蓮吉安)之平均值(表 6)，顯示 TAWH84S-4 其含苞葉果穗鮮重爲 12182kg/ha，較對照種台南白增產達 36%，其去苞葉果穗鮮重達 7395kg/ha，較對照種台南白增加達 33%。穗長爲 19.8cm，穗徑爲 4.2cm，籽粒行數爲 8.2，較對照種晚 3-4 天開花及吐絲。株高及穗位高則稍低於對照種；銹病及葉斑病分別爲 1.2 與 0.9 級，較對照種來的低。螟蟲爲害等級呈現低於對照種台南白。

表 3. 秋作(1995)及春作(1996)新品系比較試驗各項農藝性狀之平均值

Table 3. Means of agronomic characters of hybrids in yield trials in the fall crop of 1995 and spring crop of 1996 respectively

Hybrid	Days to tasseling (day)	Days to silking (day)	Plant height (cm)	Ear height (cm)	Ear fresh weight with husk	non- husk	Ear rate (%)	Ear length (cm)	Ear diameter (cm)
					----- --(kg/ha)---------				
1995 fall									
G ×E	53.8	55.3	218	113	14310	8986	63.8	25.8	4.2
H ×E	53.3	54.8	230	114	13146	8653	65.8	21.8	4.2
H ×G	53.5	55.3	220	115	14718	8986	60.7	23.1	4.1
TNW(ck)	52.8	54.0	238	121	12563	8320	66.4	19.0	4.2
$LSD_{0.05}$	1.7	1.2	13	12	540	418	1.8	1.9	0.3
1996 spring									
G ×E	79	83	231	105	13624	8651	63.5	23.2	4.4
H ×E	80	83	258	117	16328	10678	65.4	24.0	4.4
H ×G	80	84	234	108	14872	9235	62.1	22.5	4.5
TNW(ck)	80	82	245	118	10400	6760	65.0	16.2	4.3
$LSD_{0.05}$	2	2	14	10	2600	1200	1.2	4.5	0.4

表 4. 1997 年秋作六個地點各項農藝性狀之平均值

Table 4. Means of agronomic characters of hybrids in regional yield trial in the fall of 1997

Variety	Ear fresh weight with husk (kg/ha)	Ear fresh weight with husk (%)[z]	Ear fresh weight (kg/ha)	Ear fresh weight (%)[z]	Shelling rate (%)	Ear length>15cm (%)
PWH82-4	10931	115	6936	119	57	81
PWH82-10	10716	113	6613	113	58	84
TAWH84S-1(H×E)	11710	124	7420	126	54	83
TAWH84S-4(H×G)	12668	134	7418	126	51	89
TNW(ck)	9413	100	5895	100	50	76
$LSD_{0.05}$	1260		825			
$LSD_{0.01}$	1719		1100			

Variety	Ear length (cm)	Ear diameter (cm)	Row number (No.)	Days to tasseling (day)	Days to silking (day)	Days to harvest (day)
PWH82-4	17.8	4.12	10.2	45	49	80
PWH82-10	18.2	4.14	8.9	46	49	80
TAWH84S-1(H×E)	19.3	4.03	8.2	48	53	85
TAWH84S-4(H×G)	19.7	4.20	8.4	48	53	85
TNW(ck)	18.9	4.09	8.8	46	49	81

Variety	Plant height (cm)	Ear height (cm)	*P. sorghi* (0.5-5)	*H. Maydis* (0.5-5)	Borers (1-3)
PWH82-4	199	96	0.88	0.58	2
PWH82-10	196	104	0.67	0.67	2
TAWH84S-1(H×E)	222	109	0.72	0.83	1
TAWH84S-4(H×G)	214	98	0.92	0.75	2
TNW(ck)	219	109	0.80	1.00	2

[z] (%) =(weight of tested variety/weight of ck) ×100%.

表 5. 1998 年春作六個地點各項農藝性狀之平均值

Table 5. Means of agronomic characters of hybrids in regional yield trial in the spring of 1998

Variety	Ear fresh weight with husk (kg/ha)	Ear fresh weight with husk (%)[z]	Ear fresh weight (kg/ha)	Ear fresh weight (%)[z]	Shelling rate (%)	Ear length>15cm (%)
PWH82-4	11198	116	7367	119	58	68
PWH82-10	9953	104	6205	100	60	64
TAWH84S-1(H×E)	13026	134	8280	133	53	69
TAWH84S-4(H×G)	13597	139	8271	133	52	83
TNW(ck)	9815	100	6240	100	58	58
$LSD_{0.05}$	1976		936			
$LSD_{0.01}$	2695		1302			

Variety	Ear length (cm)	Ear diameter (cm)	Row number (No.)	Days to tasseling (day)	Days to silking (day)	Days to harvest (day)
PWH82-4	18.9	4.04	9.0	52	54	77
PWH82-10	17.5	4.02	9.3	51	54	77
TAWH84S-1(H×E)	20.3	3.78	8.4	54	58	80
TAWH84S-4(H×G)	19.9	4.02	8.3	55	58	81
TNW(ck)	17.8	4.14	8.6	51	55	78

Variety	Plant height (cm)	Ear height (cm)	*P. sorghi* (0.5-5)	*H. Maydis* (0.5-5)	Borers (1-3)
PWH82-4	207	119	1.5	1.9	2
PWH82-10	221	113	1.4	1.9	2
TAWH84S-1(H×E)	263	138	1.2	1.4	1
TAWH84S-4(H×G)	242	135	1.3	1.7	1
TNW(ck)	246	136	1.7	2.0	2

[z] (%) =(weight of tested variety/weight of ck) ×100%.

表 6. 1998 年秋作六個地點各項農藝性狀之平均值

Table 6. Means of agronomic characters of hybrids in regional yield trial evaluated in the fall of 1998

Variety	Ear fresh weight with husk (kg/ha)	Ear fresh weight with husk (%)[z]	Ear fresh weight (kg/ha)	Ear fresh weight (%)[z]	Shelling rate (%)	Ear length>15cm (%)
PWH82-4	7429	83	4900	88	61.7	54.9
PWH82-10	7486	84	5137	92	58.3	55.2
TAWH84S-1(H×E)	10948	122	7090	127	57.7	80.9
TAWH84S-4(H×G)	12182	136	7395	133	52.2	78.5
TNW(ck)	8970	100	5596	100	55.1	70.5
$LSD_{0.05}$	888		630			
$LSD_{0.01}$	1477		883			

Variety	Ear length (cm)	Ear diameter (cm)	Row number (No.)	Days to tasseling (day)	Days to silking (day)	Days to harvest (day)
PWH82-4	16.1	3.9	8.4	49	52.8	84.8
PWH82-10	17.7	3.8	8.9	49	52.8	84.8
TAWH84S-1(H×E)	18.9	4.0	8.2	55	59.2	91.7
TAWH84S-4(H×G)	19.8	4.2	8.2	56	59.6	92.8
TNW(ck)	18.2	4.2	8.3	53	55.0	90.3

Variety	Plant height (cm)	Ear height (cm)	*P. sorghi* (0.5-5)	*H. Maydis* (0.5-5)	Borers (1-3)
PWH82-4	157	64	1.1	4.0	2
PWH82-10	169	72	1.1	1.1	2
TAWH84S-1(H×E)	193	92	1.4	1.2	1
TAWH84S-4(H×G)	184	88	1.2	0.9	1
TNW(ck)	191	96	1.3	1.1	2

[z] (%) =(weight of tested variety/weight of ck) ×100%.

表 7. 1999 年春作六個地點各項農藝性狀之平均值

Table 7. Means of agronomic characters of hybrids in regional yield trial evaluated in the spring of 1999

Variety	Ear fresh weight with husk (kg/ha)	Ear fresh weight with husk (%)[z]	Ear fresh weight (kg/ha)	Ear fresh weight (%)[z]	Shelling rate (%)	Ear length>15cm (%)
PWH82-4	8848	92	6110	99	56.7	73.4
PWH82-10	9293	96	6850	110	56.7	75.6
TAWH84S-1(H×E)	12097	125	7267	117	54.8	83.2
TAWH84S-4(H×G)	13208	137	8035	129	50.2	84.0
TNW(ck)	9697	100	6226	100	53.9	75.7
$LSD_{0.05}$	1030		782			
$LSD_{0.01}$	1444		1043			

Variety	Ear length (cm)	Ear diameter (cm)	Row number (No.)	Days to tasseling (day)	Days to silking (day)	Days to harvest (day)
PWH82-4	17.4	3.9	10.0	56.3	59.2	82.7
PWH82-10	18.9	3.8	9.3	56.7	59.5	83.2
TAWH84S-1(H×E)	19.7	3.9	8.2	62.0	65.5	87.7
TAWH84S-4(H×G)	20.1	4.1	8.5	62.7	66.0	87.7
TNW(ck)	18.3	4.1	8.4	59.8	63.8	85.0

Variety	Plant height (cm)	Ear height (cm)	*P. sorghi* (0.5-5)	*H. Maydis* (0.5-5)	Borers (1-3)
PWH82-4	213	105	0.9	0.9	2
PWH82-10	205	106	1.0	0.8	3
TAWH84S-1(H×E)	247	126	1.6	1.6	1
TAWH84S-4(H×G)	231	119	1.5	1.2	1
TNW(ck)	232	131	2.0	1.4	2

[z] (%) =(weight of tested variety/weight of ck) ×100%.

1999年春作六個地點(新竹竹東、雲林土庫、雲林崙背、嘉義六腳、屏東萬丹及花蓮吉安)之平均值列於表7，其中TAWH84S-4的含苞葉果穗鮮重達13208kg/ha，對照種爲9697kg/ha，TAWH84S-4呈現較對照種台南白增產37%；其去苞葉果穗鮮重爲8035kg/ha，較對照種增產達29%。穗長爲20.1cm，穗徑爲4.1cm，籽粒行數爲8.5，較對照種晚熟3天左右。株高與對照種相近，穗位高則較低於對照種。銹病、葉斑病及螟蟲爲害情形較對照種輕。

由上述四期作之表現，可看出TAWH84S-4其含苞葉果穗鮮重介於12,182～13,597kg/ha之間，較台南白對照種增幅介於34～39%；其去苞葉果穗鮮重介於7,395～8,281kg/ha之間，較對照種台南白的5,596～6,240kg/ha，增幅達26～33%之間；其穗長介於19.7～20.1cm之間，實爲一穩定、長穗型又高產的食用白玉米新品系。

穩定性分析

以1997年秋作至1999年春作六個地點之數據，利用Eberhart & Russell [7]方法進行穩定性分析。由四個期作之產量數據合併分析(表8)，結果顯示TAWH84S-4的含苞葉果穗鮮重爲13,914kg/ha較對照種台南白9,770kg/ha增產4,144kg/ha，其增產幅度達42.4%，其迴歸係數爲0.91，與b=1並無差異，其離迴歸均方 Sd^2 未達顯著。TAWH84S-4之去苞葉果穗鮮重爲8,165kg/ha較對照種台南白的6,006kg/ha，增加2,158kg/ha，其增產幅度達35.9%，其迴歸係數b值爲1.01，與b=1之假說相符，其離迴歸均方值不顯著。總和四期作可看出TAWH84S-4之去苞葉鮮果穗產量之表現呈現爲一具有高產潛力，且爲穩定的新品系。

氮肥試驗

在密度爲80 ×30cm下，以三種氮肥等級(N_1=150,N_2=200,N_3=250kg/ha)進行氮肥試驗，結果顯示在此三種氮肥等級下所調查的性狀(開花期、吐絲期、株高、穗位高、含苞葉果穗鮮重、去苞葉果穗鮮重、穗長、穗徑、行數、10穗含苞葉鮮果重、10穗不含苞葉穗果重等均無顯著差異(表9)，因此認爲TAWH84S-4在密度爲80×30cm下，氮肥施用量在150/ha下較爲理想。

密度試驗

在氮肥施用量200kg/ha下，以三種密度等級(D_1=80×20cm, D_2=80×30cm, D_3=80×40cm)進行密度試驗，結果顯示開花期以D_1(80×20cm)較早，其次D_2(80×30cm)及D_3(80×40cm)兩種密度處理；吐絲期、株高、穗位高、穗徑及行數在三種密度等級下均無顯著差異；含苞葉果穗鮮重及去苞葉果穗鮮重以D_1(80×20cm)最高產，其次爲D_2及D_3，而D_2及D_3間無顯異；10穗含苞葉鮮重呈現隨密度之增加而減少，以D_3(80×40cm)最大,其次D_2(80×30cm)及D_1 (80×20cm)，而D_1及D_2兩者之間無明顯差異。10穗去苞葉果穗鮮重以D_3(80×40cm)最大，而D_1最小；合格穗率呈現隨密度之減少而增大之趨勢。綜合上述性狀顯示以80×30cm之密度來栽種較爲理想，且可獲得合格穗率高及較高鮮果穗產量(表10)。

表 8. 參試品系鮮果穗公頃產量之穩定性介量

Table 8. Parameters of yield stability of hybrids in regional yield trial at 5 locations in 4 seasons from the fall 1997 to the spring of 1999

Variety	Ear fresh weight with husk					Ear fresh weight				
	Mean	(kg)	(%)[y]	bi	Sdi^2	Mean	(kg)	(%)	bi	Sdi^2
PWH82-4	9917	+147	+1.50	1.12	214205*[z]	6382	375	6.3	0.91	162395*
PWH82-10	9536	-234	-2.40	2.26	1272267*	6169	189	3.2	1.10	846819*
TAWH84S-1	12543	+2773	+28.40	0.83	508389*	7832	1825	30.4	1.15	146254*
TAWH84S-4	13914	+4144	+42.40	0.91	30083	8165	2158	35.9	1.01	127034
TNW(ck)	9770	0	0	0.87	289192*	6006	0	0	0.81	164049*

[z] *bi and Sd2 is larger than 5% probability level.

[y] (%) =(weight of tested variety/weight of ck) x 100%.

表 9. TAWH84S-4 在密度為 80×30cm 下，以三種氮肥用量進行氮肥反應試驗之各項農藝性狀之平均值 [z]
Table 9. Yield and agronomic characters of TAWH84S-4 under different nitrogen rates at 80x30cm planting density [z]

N treatment (kg/ha)	Days to tasseling (day)	Days to silking (day)	Plant height (cm)	Ear height (cm)	Ear fresh weight with husk (kg/ha)	Ear fresh weight (kg/ha)
150	71	74.0	233	111	13845	8359
200	71	74.3	231	106	14365	8588
250	71	73.8	232	107	14469	8224
$LSD_{0.05}$	**1.0**	**1.4**	**8**	**7**	**729**	**396**
$LSD_{0.01}$	**1.5**	**2.2**	**12**	**11**	**1042**	**604**

N treatment (kg/ha)	Ear length (cm)	Ear diameter (cm)	Row number (No./ear)	Ear fresh weight with husk (kg/10 ear)	Ear fresh weight (kg/ 10 ear)
150	21.3	4.47	8.00	3.41	2.07
200	21.1	4.30	8.05	3.46	2.08
250	21.6	4.43	8.05	3.54	2.01
$LSD_{0.05}$	**0.3**	**0.23**	**0.09**	**0.25**	**0.12**
$LSD_{0.01}$	**0.4**	**0.34**	**0.15**	**0.37**	**0.18**

[z] Planting date：1999/2/10.

表 10. TAWH84S-4 在氮肥 200kg/ha 下，以三種密度等級進行密度試驗之各項農藝性狀之平均值 [z]
Table 10. Yield and agronomic characters of TAWH84S-4 under different planting densities at 200 kg/ha nitrgen level [z]

Plant density (cm ×cm)	Days to tasseling (day)	Days to silking (day)	Plant height (cm)	Ear height (cm)	Ear length (cm)	Ear diameter (cm)	Row number (No./ear)
80 ×20	71.0	74.8	230	113	21.4	4.27	8.0
80 ×30	71.5	75.0	232	107	21.6	4.29	8.2
80 ×40	71.8	74.8	227	111	22.8	4.33	8.2
$LSD_{0.05}$	**0.6**	**0.7**	**10**	**8**	**0.6**	**0.13**	**0.3**
$LSD_{0.01}$	**1.0**	**1.2**	**15**	**12**	**1.0**	**0.19**	**0.5**

Plant density (cm ×cm)	Ear fresh weight with husk (kg/ha)	Ear fresh weight (kg/ha)	Ear fresh weight with husk (kg/ 10 ear)	Ear fresh weight (kg / 10 ear)	Ear length >15 cm (%)
80 ×20	15406	8921	3.12	1.81	87.5
80 ×30	12804	7474	3.37	2.04	93.9
80 ×40	12492	7422	3.72	2.15	98.2
$LSD_{0.05}$	**1146**	**708**	**0.29**	**0.23**	**5.5**
$LSD_{0.01}$	**1667**	**1073**	**0.44**	**0.35**	**8.4**

[z] Planting date：1999/2/10.

品質分析及官能品嚐

1998 年秋作食用白玉米新品系的化學品質分析詳如表 11 所列，在乳熟期(吐絲後 29 天)採收後 TAWH84S-4 之果皮韌度為 420g 稍高於對照種的 370g；含水量為 68.4%與對照種台南白相近；果皮含量為 2.32%稍高於台南白；糖度低於對照種台南白的 2.32%；澱粉含量為 6.8%高於對照種的 6.34%。用水煮熟後，由朴子分場內品評員進行官能品嚐，結果 TAWH84S-4 表現與對照種相近，無太大差別(表 12)。

1999 年春作 TAWH84S-4 於吐絲後 21 天採收，其鮮果穗籽粒的果皮韌度(390g)、果皮含量(2.37%)及澱粉含量(6.69%)稍高於對照種台南白；而其糖度則稍低於對照種台南白；其水分含量與對照種間無差異(表 13)。用水煮熟後，由朴子分場內品評員進行官能品嚐，結果 TAWH84S-4 表現與對照種無明顯差別(表 14)。

成份分析

1999 年春作，以本所試驗之 TAWH84S-4 與混合授粉之台南白品種為材料進行比較，結果顯示於乳熟期(授粉後 25 天)採收，其籽粒之熱量、水分百分比、粗蛋白、碳水化合物、直鏈性澱粉及水溶性糖%等相近；而粗脂肪及粗纖維則高於對照種台南白；水溶性蛋白則低於對照種台南白(表 15)。

表 11. 1998 年秋作食用白玉米新品系化學品質分析

Table 11. Analysis of components of fresh ear of new hybrids in the fall of 1998

Variety	Paricarp tenderness (g/cm^2)	Moisture (%)	Paricarp (%)	Sugar (%)	Sugar (Brix)	Starch (%)
TAWH84S-1	440	69.2	2.35	2.30	2.3	6.58
TAWH84S-4	420	68.4	2.32	1.99	1.9	6.80
TNW(ck)	370	68.6	2.28	2.32	2.4	6.34

表 12. 1998 年秋作食用白玉米新品系官能品嚐結果

Table 12. Sensory evaluation of the cooked ear in the fall of 1998

Variety	Appearance (20%)	Color (15%)	Dry matter content (15%)	Tenderness (10%)	Flavor (20%)	Sweet and aroma (20%)	Total (100%)
TAWH84S-1	17	13	13	7	16	16	82
TAWH84S-4	17	13	13	7	16	15	82
TNW(ck)	16	12	13	7	16	17	81

表 13. 1999 年春作食用白玉米新品系化學品質分析

Table 13. Analysis of components of fresh ear of new hybrids in the fall of 1999

Variety	Paricarp tenderness (g/cm^2)	Moisture (%)	Paricarp (%)	Sugar (%)	Sugar (Brix)	Starch (%)
TAWH84S-1	370	71.6	2.36	2.18	2.0	6.74
TAWH84S-4	390	70.8	2.37	1.90	1.7	6.69
TNW(ck)	360	70.9	2.28	2.20	2.1	6.36

表 14. 1999 年春作食用白玉米新品系官能品嚐結果

Table 14. Sensory evaluation of the cooked ear of the spring of 1999

Variety	Appearance (20%)	Color (15%)	Dry matter content (15%)	Tenderness (10%)	Flavor (20%)	Sweet and aroma (20%)	Total (100%)
TAWH84S-1	17	13	13	7	17	16	83
TAWH84S-4	17	13	13	7	17	16	83
TNW(ck)	16	13	13	7	17	16	82

表 15. 新品系 TAWH84S-1、84S-4 及台南白品種化學成份之含量(1999 年春作)

Table 15. The analysis of chemical components of ear of new hybrids in the spring of 1999

Variety	Ear weight (g/ear)	Husk weight (%)	Energy (kcal/100g)	Moisture (%)	Crude protein (%)	Crude fat (%)
TAWH84S-1	348.3	34.5	152.5	60.72	4.65	2.02
TAWH84S-4	355.8	38.4	130.5	66.09	4.33	1.81
TNW(ck)	327.1	35.1	132.0	65.60	4.29	1.60

Variety	Crude Fiber (%)	Carbohydrate (%)	Amylose (dry weight) (%)	Free sugar (%)	Total soluble sugars (^{0}Brix)	Water soluble protein (%)
TAWH84S-1	0.91	30.92	19.6	2.29	2.3	1.96
TAWH84S-4	0.91	26.12	18.3	2.58	2.6	1.59
TNW(ck)	0.81	26.93	18.8	2.30	2.3	1.99

抗病性檢定

南方型銹病(*Puccinia sorghi* 引起)：TAWH84S-4 爲中抗，母本 81TNW219-2-1-1-2 爲感，父本 81TNW 208-1-3-3-1 爲抗，對照種台南白爲中抗(表 16)。

普通型銹病(*Puccinia polysora* 引起)：TAWH84S-4 爲中抗，母本 81TNW219-2-1-1-2 爲中抗，父本 81TNW 208-1-3-3-1 爲抗，對照種台南白爲中抗(表 16)。

葉斑病(*Helminthosporium madis Nishik* et *Miyake* 引起)：TAWH84S-4 爲中抗，其親本均爲感，對照種台南白爲中抗(表 16)。

煤紋病(*Helminthosporium turcicum* 引起)：TAWH84S-4、81TNW219-1-2-1-2、81TNW 208-1-3-3-1 及對照種台南白均爲中抗(表 16)。

病毒病(*Maize dwarf mosaic Virus-B strain* 引起)：TAWH84S-4、81TNW219-1-2-1-2、81TNW 208-1-3-3-1 及對照種台南白均爲高感(表 16)。

莖腐病：TAWH84S-4 及 Honey236 爲中抗，對照種(台南白)及 81TNW219-2-1-1-2 呈現抗性，而 81TNW 208-1-3-3-1 則爲感(表 16)。

露菌病：各參試品系在溫室以人工接種後 TAWH84S-4 呈現感病，而其親本 81TNW219-2-1-1-2 及對照種(台南白)則呈現高感；81TNW 208-1-3-3-1 及 Honey236 則爲中抗(表 16)。

抗亞洲玉米螟檢定

1995 年秋作人工接種幼蟲檢定之結果(表 17)，顯示 TAWH84S-4 輪生期之抗性等級爲 2.0(R)；父本之抗性等級爲 2.1(R)；母本之抗性等級爲 2.4(MR)；對照種爲 3.4(S)。開花期之抗性等級 TAWH84S-4 爲 3.7(S)；父本爲 2.7(MR)；母本爲 3.3(S)；對照種爲 4.7(HS)。

1996 年春作，人工接種幼蟲檢定之結果，顯示 TAWH84S-4 輪生期之抗性等級爲 2.1(R)；父本爲 1.7(R)；母本爲 3.2(MR)；對照種爲 2.3(R)。開花期之抗性等級 TAWH848S-4 爲 3.3(MR)；父本爲 3.0(MR)；母本爲 3.3(MR)；對照種爲 4.3(S)。

表 16. TAWH84S-4 及其親本在溫室人工接種病害檢定結果 [z]

Table 16. Diseases resistance screened by artificial inoculation in green house[z]

Genotype	*Puccinia polysora*	*Puccinia sorghi*	*H. turcicum*	*H. maydis*	MDMV-B diseases	Stem rot diseases	Downy mildew
81TNW219-2-1-1-2 (female)	S [z]	MR	S	MR	HS	R	HS
81TNW208-1-3-3-1 (male)	R	R	S	MR	HS	S	MR
TNWH84S-4	MR	MR	MR	MR	HS	MR	S
TNW(ck)	MR	MR	MR	MR	HS	R	HS
Honey236(ck)	S	MR	MR	MR	HS	MR	MR

[z] HR：high resistance；R：resistance；MR：middle resistance；S：susceptible；HS：high susceptible.

表 17. TAWH848S-4 及親本與對照種在田間對亞洲玉米螟之抗性表現

Table17. Resistance of TAWH84S-4, its parents and TNW (check) to Asia borer inoculation in field

	Resistance level							
	Whorling [z]				Pollen shedding[y]			
Variety	I	II	III	Average	I	II	III	Average
1995 Fall								
81TNW208-1-3-3-1 (male)	2.3	1.6	2.3	2.1(R)	3	2	3	2.7(MR)
81TNW219-2-1-1-2 (female)	2.5	2.2	2.4	2.4(MR)	4	3	3	3.3(S)
TAWH84S-4	2.0	2.0	2.1	2.0(R)	3	4	4	3.7(S)
TNW(ck)	3.5	3.5	3.2	3.4(S)	5	4	5	4.7(HS)
1996 Spring								
81TNW208-1-3-3-1 (male)	1.8	1.5	1.8	1.7(R)	3	4	3	3.3(MR)
81TNW219-2-1-1-2 (female)	3.0	3.7	2.9	3.2(MR)	3	3	3	3.0(MR)
TAWH84S-4	2.0	2.1	2.2	2.1(R)	3	4	3	3.3(MR)
TNW(ck)	2.5	2.1	2.4	2.3(R)	5	4	4	4.3(S)

[z] 1：HR；2：R；3：MR；4：S；5：HS.

[y] 1：HR(<5cm)；2：R(6-10cm)；3：MR(11-30cm)；4：S(31-40cm)；5：HS(>40cm).

經兩期作於田間人工接種幼蟲檢定結果，發現 TAWH84S-4 不論在輪生期或開花期其抗性等級均較對照種(台南白)高。

TNWH84S-4 之親本達到開花期及吐絲期之有效累積溫度(℃-day)

作物生長累積溫度的大小可作爲採種時親本播種期調整之依據，玉米生長累積溫度(growing degree days to flower)：由播種至小區中 50%植株達開花期及吐絲期間，每天平均氣溫減去 10℃之值，但當平均氣溫小於 10℃時，其值爲零(GDD＝Σ[(T)－10℃]，若每日T＜10℃，則T＝10℃，即爲達到開花期及吐絲期之累積溫度，以℃-day 表示。

TAWH84S-4 之親本在四期作下達開花期及吐絲期之有效累積溫度列於表 18。在春作(3/28 種)父本達到開花及吐絲有效累積溫度分別爲 900 及 954℃-day；母本則爲 935 及 972℃-day。在夏作(5/8 種)，父本達開花及吐絲之有效累積溫度分別爲 942 及 997℃-day；母本則分別爲 961 及 1033℃-day。在秋作(9/4 種)，父本達開花及吐絲之有效累積溫度分別爲 877 及 914℃-day；母本則分別爲 903 及 924℃-day。在冬季裡作(10/26 種)，父本達開花及吐絲之有效累積溫度分別爲 931 及 968℃-day；母本則分別爲 944 及 955℃-day。根據上述之結果一般採種時，父本須晚母本(5 天)左右播種，其花期配合較爲理想。

親本之農藝性狀

農試育 TAWH84S-4 號爲單雜交種玉米，係由自交系 81TNW208-1-3-3-1 及 81TNW219-2-1-1-2 雜交而成。母本 81TNW219-2-1-1-2 係由花蓮地區所蒐集之台南白族群經自交分離至 S_5 所育成之自交系，生長強健，行數爲八行、籽粒大、對亞洲玉米螟爲中抗、且一般組合力高；父本 81TNW208-1-3-3-1 係由屏東地區蒐集之台南白族群經自交分離至 S_5 世代所育成。具有植株生長旺盛、長穗型、籽粒行數八行、籽粒大、輪生期之玉米螟抗性爲中抗，一般組合力高等之特性。

TAWH84S-4 其親本農藝性狀如表 19 所列，父本及母本之株高分別爲 132 及 148cm；穗位高分別爲 61 及 60cm；葉片數分別爲 14.7 與 15.2；頂穗節位分別爲 6.7 與 6.4；穗數分別爲 1-2 及 2 穗；單株葉面積分別爲 4993 與 4142cm^2；穗長分別爲 15 及 17cm；行數分別爲 8-10 與 8 行；百粒重則分別爲 29.2 與 29.1g。

食用白玉米台農四號之特性

農試育 TAWH84S-4 號爲單雜交種，植株外觀、株高及穗型整齊，穗長 20 公分左右，行數爲 8 行居多，花絲爲淡紅色，含苞葉鮮果穗產量較對照種台南白增產 34-39%；去苞葉鮮果穗產量介於 7395～8271kg/ha 之間，較對照種(台南白)增產 26～33%之間，具有高產且穩定之特性。對螟蟲之抗性，在

表 18. TAWH84S-4(TNW HxG)其親本達到開花期及吐絲期之累積溫度

Table 18. Growing degree days to tasseling and silking of the parents of TAWH84S-4

Parent	Growing degree days to tasseling (℃-day)	Growing degree days to silking (℃-day)
Spring (1995/3/28)		
81TNW208-1-3-3-1(male)	900	954
81TNW219-2-1-1-2(female)	935	972
Summer (1995/5/8)		
81TNW208-1-3-3-1(male)	942	997
81TNW219-2-1-1-2(female)	961	1033
Fall (1995/9/4)		
81TNW208-1-3-3-1(male)	877	914
81TNW219-2-1-1-2(female)	903	924
Winter (1995/10/26)		
81TNW208-1-3-3-1(male)	931	968
81TNW219-2-1-1-2(female)	944	955

表 19. TAWH84S-4 其親本之農藝性狀之平均值

Table 19. Agronomic characters of TAWH84S-4 parents

Parent	Kernel type	Plant height (cm)	Ear height (cm)	Leaf number (No./plant)	Top ear node (No.)
81TNW219-2-1-1-2 (female)	Flint	148 ±8	60 ±8	15.2 ±0.4	6.4 ±0.7
81TNW208-1-3-3-1 (male)	Semi-D	132 ±11	61 ±12	14.7 ±1.2	6.7 ±0.5

Parent	Ear number (No./plant)	Leaf area (cm^2/plant)	Ear length (cm)	Row number (No./ear)	100-kernel weight (g)
81TNW219-2-1-1-2 (female)	1-2	4142	15	8	29.1
81TNW208-1-3-3-1 (male)	2	4993	17	8-10	29.2

Parent	Anther color	Spiklets color	Silking color	Kernel color	Leaf color	Cob color
81TNW219-2-1-1-2 (female)	Light red	Green	Light red	White	Green	White
81TNW208-1-3-3-1 (male)	Light red	Green	White~Light red	White	Green	White

輪生期及開花期均較對照種強：對南方型銹病、普通型銹病、葉斑病及煤紋病均爲中抗，對病毒病爲高感。

謝　誌

食用白玉米台農四號之育成，除了育種人員的努力之外，更感謝桃園區農業改良場一林維和、黃炳文，台南區農業改良場一曾清田、詹碧連，高雄區農業改良場一呂貽成，台東區農業改良場一林萬居，花蓮區農業改良場一周明和等在區域試驗的鼎力相助，才能使試驗順利進行；資料整理分析承蒙曹文隆幫忙得以完成，藉此向各位誌謝。

參考文獻

1.楊文煌、黃懿秦、曾美倉、黃賢喜。1991。不同栽培環境對台南白玉米產量及農藝性狀之影響。中華農藝 1：293-308。

2.黃懿秦、楊文煌、曾美倉、謝兆樞。1990。不同地區之台南白玉米族群間農藝性狀差異之比較。台大農學院研究報告 30(3)：52-59。

3.謝光照、曾富生。1998。台灣不同地區台南白玉米族群性狀之變異。中華農業研究 47(3)：204-219。

4.謝光照、曾富生。1998。台南白玉米族群自交系之育成與評估。中華農業研究 47(4)：327-337。

5.謝光照、曾富生。1999。台南白 F_1 雜種在不同期作產量潛能之表現。中華農業研究 48(1)：22-39。

6.鄧汀欽。1985。玉米矮化嵌紋病毒 B 型系統之鑑定與抗病檢定。中華農業研究 34(2)：195-206。

7.Eberhart, S. A., and W. A. Russell. 1966. Stability parameters for comparing varieties. Crop Sci. 6：36-40.

8.Miller, P. B., and R. A. Hyre. 1970. Plans for forecasting corn blight epidemics. Plant Dis. Rep. 54 (12)：1134-1136.

9.Pearce, R. B., J. J. Mock, and T. B. Bailey. 1975. Rapid method for estimating leaf area per plant in maize. Crop Sci. 15：691-694.

Development of a Single-Cross Green Maize Hybrid Tainung No.4 [1]

Guang-Jauh Shieh,[2,7] Chan-Lee Ho[2], Hung-Shung Lu[3], Bing-Huei Chen,[4] Jyh-Nong Tsai[5] and Huey-Ing Liu[6]

Summary

Tainung No. 4 is a single-cross green maize hybrid. Its parental inbreds are 81TNW208-1-3-3-1 and 81TNW219-2-1-1-2. The maternal parent 81TNW219-21-1-2 is a flint selected from the inbreeding progenies of Tainan-White (TNW) population from Hualien. The 81TNW219-2-1-1-2 has the characters of strong growth, row number up to 8, larger kernel, high general combining ability (GCA), and middle resistance to Asia borer. The paternal parent 81TNW208-1-3-3-1 is a semident selected from the inbreeding progenies of TNW population from Pingtung. The 81TNW208-1-3-3-1 has the characters of strong growth, long ear length, 8 row number, larger kernel, high general combining ability (GCA), and middle resistance to Asia borer in the whorling stage. The Tainung No. 4 is uniform in plant height, ear height, plant and ear type, 20 cm ear length, 8 row number, larger kernel, resistance to lodging, and with light red silk color. The ear fresh weight with husk and ear fresh weight were higher than those of CK of variety (TNW) by 34-39% and 26-33%, respectively. It also is resistant to *Puccinia sorghi* (common rust), *Puccinia polysora* (south rust), *H. turcicum* (causing north corn leaf blight), *H. maydis* (causing south corn leaf blight), and Asia borer, but susceptible to *Sclerospora sacchari* (causing downy mildew) and maize dwarf mosaic Virus-B strain. The Tainung No. 4 is suitable to be harvested from the milking stage to early dough stage and shows good taste quality whether for boiling or roasting.

Key words: Tainan-White (TNW), Green-maize, F_1 hybrid.

1.Contribution No.2109 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted by May 23, 2002.

2.Respectively, Associate Agronomist, Assistant Agronomist, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.

3.Former Senior Agronomy, Department of Agronomy, TARI. The director of Muli DAIS, present. ManLi Taiwan, ROC.

4.Senior Entomologist and Deputy Director, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.

5.Assistant, Department of Plant Pathology, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.

6.Senior researchfellow, Department of Agricultural Chemistry, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.

7.Corresponding author; E-mail:x486045@wufeng.tari.gov.tw; Fax:(04)23302806.

中華農業研究(J. Agric. Res. China) 51(2):17~23(2002)

仙草品種(系)間多醣體成分之組成與含量分析[1]

胡敏夫[2,4] 羅淑卿[3] 劉新裕[2]

摘要：以仙草七個品種(系)爲材料，分別測試其凝膠強度、多醣體含量及組成分等發現，農試 1 號、 83-S-6 及 83-S-7 三品種(系)之凝膠強度較高，其因乃多醣體組成分中之 Fraction A 百分率較低，與 Fraction B 百分率較高所使然。此三品種(系)之凝膠強度分別依次達 633.2g/cm^2, 495.4g/cm^2 與 420g/cm^2，對其他品種(系)呈現 5% 顯著差異水準。相反的，78-S-1, 83-M-1 與 83-AC-12 三品系，因其多醣體組成分中 Fraction A 百分率較高，而 Fraction B 百分率較低，使凝膠強度表現較低。由此，凡是 Fraction A 百分率較低，與 Fraction B 百分率較高的品種(系)，建議作爲仙草凍的材料，而 Fraction A 百分率較高與 Fraction B 百分率較低的品種(系)作爲仙草茶飲料之材料較佳。

關鍵詞：仙草、凝膠強度、多醣體。

前　　言

仙草（*Mesona procumbens* Hemsl.）是中國大陸與台灣民間，一種經常使用的重要傳統藥用植物，作成仙草凍或飲料流行於東南亞一帶，有治療中暑（hot-shock）、高血壓（hypertension）、糖尿病（diabetes）、肌肉酸痛（muscle joint pains）等病症之功效，同時，因其萃取物中含有豐富的多醣體及酚類，具清除人體內自由基之抗氧化力作用(11)，其抗氧化力達 93%（Inhibition of peroxidation IP%）(7)。由於最近幾年新選育二優良品種供農民種植(5,8)；且仙草植體之一般粗成分（gross composition）及重要元素含量均已分析明瞭(1.3)；最佳採收期經確定於植後 180 天，植株花蕾開始形成時(2)；以及其他肥培管理等技術相繼建立(4.6)，於是栽培地區擴及全台灣。

本研究爲了瞭解仙草品種（系）間萃取物中之多醣體含量與組成，進而探討其主要影響凝膠強度之機制，以便提供育種家分別選種供作仙草凍或仙草飲料參考，以免遺棄可作另一用途品種之憾。

材料與方法

仙草供試品種(系)與栽培

供試材料爲 AC12、S6、S7、M1 及 78-S-1 等五品系，以農試 1 號及桃園 1 號爲對照。試驗設計採 RCBD，4 重複，每區種 3 行，每行種 10 株，田間栽培管理技術按已建立之管理方法進行，收穫時取中間行 5 株爲樣本。

1.行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2110 號。接受日期：91 年 5 月 10 日。
2.本所農藝組助理研究員及研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
3.本所農化系助理。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
4.通訊作者，電子郵件: minfu@wufeng.tari.gov.tw；傳眞機：(04)23302806。

多醣膠體的組成及含量分析

仿楊氏等所採用的方法（1982），乃取仙草葉 8g 加入 100ml Na_2CO_3（0.14M）溶液中，蒸煮迴流 4 小時，經過濾得萃取液，待冷卻後加入 95%乙醇，使全溶液之乙醇濃度達 30%，此時產生之沉澱以離心法（1500xg，20 分鐘）收集之，此爲 Fraction A；之後，於澄清液中再添加乙醇使達 50%，離心所得爲 Fraction B；再繼續添加乙醇於澄清液中使之達 70%，如此所得之沉澱爲 Fraction C。此後，在全澄清液中提高乙醇濃度亦無沉澱產生。於仙草萃取液中所得 FA、FB 及 FC 之總合，即爲全膠量。分析次數，每重複分析 4 次。分析所得的數據再以葡萄糖液不同濃度測得的數據迴歸校正（Y=0.0094x+0.028，如圖 1）。

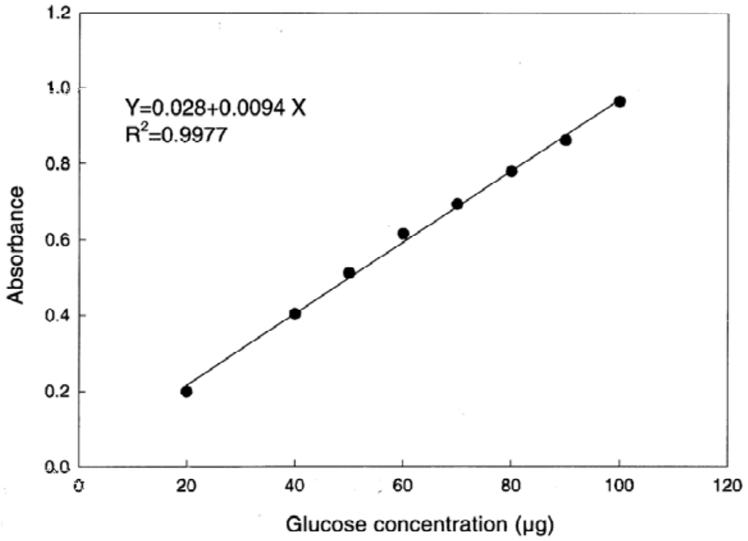


圖 1.葡萄糖不同濃度(X)與吸光值(Y)迴歸線及係數。

Fig.1. The estimated linear regression between absorbance (Y) and glucose concentrations (X) at 490 nm.

凝膠強度測定方法

取 40g 仙草葉，加 3g 碳酸鈉及蒸餾水 600cc，蒸煮迴流 4 小時，過濾後加 2%澱粉，微溫攪拌，使之成糊狀，冷卻成凍，用 NRM-2000 J-CW 型物性測定儀（Rheometer）測定其強度，測定條件爲感頭（sensor）2kg，套頭（adapter）直徑 8mm，載物台速度每分鐘 30cm，記錄電壓 1 伏特，測定次數，每重複測 2 次。

結果與討論

新品種農試 1 號適應性較廣，台灣各地區均可種植，且生長良好，係於 1999 年通過審查登記，而桃園 1 號（TYY3）於 2000 年通過審查登記，適應性較窄，僅適合在台灣北部之苗栗及桃園地區種植。此二品種目前已成爲仙草之領導品種，除 83-S-7 品系爲嘉義縣水上鄉地方品種外，其他品系均爲新選育的。

仙草品系間通常有匍匐型、直立型及半直立型三種之分，其因種型之不同會產生成熟期不同，一般直立種的生育期均較短，因此成熟期亦較早；又，仙草之成熟係視植株花蕾開始形成時才作決定收

穫時間，過早採收將影響仙草植體可溶性無氮物含量，進而影響凝膠強度。由於此因，參試品(系)之植株生長特性有必要調查與確定。經調查發現，農試 1 號、桃園 1 號及 83-AC-12 品系係屬於匍匐型，83-S-6、83-S-7 與 83-M-1 品系屬直立型，唯僅 78-S-1 品系是屬半直立型種。

成熟期調查發現，花蕾開始形成日數，農試 1 號爲 171 天，78-S-1 品系爲 156 天，83-S-6 品系爲 137 天，83-S-7 品系爲 126 天，83-M-1 品系爲 180 天，83-AC-12 品系爲 152 天，而桃園 1 號亦爲 171 天(如表 1)。之中，發現 83-S-6 與 83-S-7 品系屬早熟種，此等品系每年於八月底或九月初採收往往常遇到雨季，不但乾燥作業困難，且乾草品質甚差，因此新品種就有此優勢，通常均在九月底至十月初之乾季才採收。

另，仙草葉凝膠強度高低從外表較難斷定，因此，一般商販在購買仙草乾草時，均事先到仙草園觀察其生育情形，並摘取葉片用手搓揉或用嘴咀嚼視其黏性狀況始決定是否購買，但二新品種推廣後，其凝膠強度以普遍提高，商販對新品種的表現較有信心，因而交易行爲已改變在農家進行，較少有以往之現象。

雖然行家可憑經驗判斷，但仍須借用科學儀器測定始能得到公信不受爭議，因此，本所研究之凝膠強度測定方法，係改進一些測定條件，利用物性測定儀測定本試驗所用材料，經測定結果發現（如表 2)，農試 1 號之凝膠強度最高達 633.2g/cm^2，依次爲 83-S-6 品系 495.4g/cm^2，83-S-7 品系 420g/cm^2，此等數據經變方分析結果，均分別對其他品系呈現 5%顯著差異水準，其中桃園 1 號 之多醣體含量最高達 27.3%，但凝膠強度僅 218.9 g/cm^2，未如農試 1 號有好的表現，其因可能與其多醣體組成分比率高低有關連。

表 1.仙草品種(系)間之生長型態及花蕾形成日數調查

Table 1. Investigation on days to the formation of flower buds in different varieties (clones) of Hsian-tsao (*Mesona procumbens* Hemsl.)

Variety	Plant type	The formation of flower buds (days)
Var.TARI No.1(C)	Runner	171
78-S-1(A)	Semi-erect	156
83-S-6	Erect	137
83-S-7	Erect	126
83-M-1	Erect	180
83-AC-12(A x C)	Runner	152
Var. Taoyuan 1	Runner	171

表 2.仙草品種(系)間之凝膠強度、多醣體組成分及總含量比較

Table 2. Comparison of gel strength, polysaccharide contents and fractions in different varieties (clones) of Hsian-Tsao extracts

Variety	Gel strength (g/cm^2)	Fraction A [y] (mg/g)	Fraction B [y] (mg/g)	Fraction C [y] (mg/g)	Total Polysaccharides (mg/g)
Var.TARI No.1(C)	633.2a [z]	8.8c	8.0b	4.6bcd	21.4c
78-S-1(A)	102.0d	8.8c	3.1e	5.5ab	17.4e
83-S-6	495.4ab	7.5d	6.1c	3.7de	17.3e
83-S-7	420.0bc	9.0c	6.7c	3.5e	19.2de
83-M-1	179.4d	10.7b	7.7b	5.1abc	23.5b
83-AC-12(AxC)	268.7cd	10.4b	4.9d	4.2cde	19.5d
Var. Taoyuan 1	218.9d	12.5a	9.0a	5.8a	27.3a

[z] Means followed by the same letter within the same column are not significantly different 5 % level by Least Significant Difference Test.

[y] FA, FB and FC respect the fractions precipitated extraction with 30, 50 and 70% ethanol, respectively.

仙草植體之一般成分，以農試 1 號而言，莖蔓粗蛋白質含量爲 3.5%，粗脂肪 2.8%，粗纖維 40.7%，可溶性無氮物（Nitrogen free extract，NFE）45.4%，灰分 7.5%，葉部粗蛋白質含量爲 14.6%，粗脂肪 8.4% ，粗纖維 14.6%，NFE46%，灰分 16.4%；78-S-1 品系之莖蔓粗蛋白質含量爲 3.5%，粗脂肪 3% ，粗纖維 46.2%，NFE40%，灰分 7.3%，葉部粗蛋白質含量爲 14.5%，粗脂肪 9.6% ，粗纖維 20%，NFE40%，灰分 15.9%；桃園 1 號粗蛋白質含量爲 4.1%，粗脂肪 2% ，粗纖維 42.8%，NFE41.6%，灰分 9.4%，葉部粗蛋白質含量爲 13.6%，粗脂肪 9.3% ，粗纖維 14%，NFE47.2%，灰分 15.9%[5]，即三品種系之葉部成分均以 NFE 含量最高，而 NFE 中除含少量游離糖、果膠及酸類外，大多爲多醣體，因此多醣體爲仙草汁結凍之主要成分。

另據楊氏等報告[9]，多醣體組成分中 Fraction A 之凝膠強度最弱，其質地鬆軟無光澤；Fraction B 凝膠強度較好；Fraction C 所做出之凝膠，具有光澤及強韌彈性，亦有最高之強度。在整個組成分中，FA 佔 60%，FB 佔 14%，FC 佔 27%，然而在本試驗發現較不一致的結果，即品種(系)間 FC 所佔的比率並不高，其分布範圍爲 18% to 31.6%；FB 爲 24.9% to 37.5%；FA 爲 43.4% to 53.5%（如表 3 及圖 2），因此，FB 成分在凝膠強度可能扮演較重的角色，FC 成分則有加成的作用，此雖將各品種系之多醣體組成分與各該凝膠強度進行相關分析未達 5%顯著水準，但從先前以農試 1 號與進口貨爲材料研究發現，各組成分與凝膠強度間之相關分析，FA 爲負相關（-90），FB 爲正相關（98），FC（96）亦爲正相關等結果加以闡述。

從上述結果發現，凡是具有高比率 FB 及 FC 成分與較低 FA 成分比率之品種(系)，其仙草葉凝膠強度有較高凝膠強度表現之趨勢，如農試 1 號、83-S-6 及 83-S-7 品系等(表 2)。78-S-1 品系雖然 FC 成分比率達 31.6%爲參試品種（系）之冠，與 83-AC-12 品系比率 21.6%亦不低，但其凝膠強度表現仍不高，似因含高比率之 Fraction A 及低比率之 FB 成分所使然，其 FA 成分比率分別高達 50.4%和 53.5%，對其他品種（系）呈現 5%顯著差異水準，FB 成分比率僅 18%及 24.9%，分別低於其他品系甚多。由此，推測影響凝膠機制係受高 FA 成分比率及低 FB 成分比率所牽引，而使 FC 成分無法發揮協力增強的作用所致。至於 83-M-1 品系與桃園 1 號，各項成分比率均很均勻，其凝膠強度理應不受多醣體組成分比率之懸殊所影響，但葉凝膠強度仍未有良好的表現，是否因需儲性較強始能表現(仙草收穫後，經適當期間儲藏有提高葉凝膠強度的現象)，或其他因子所左右，有待進一步探討釐清。

表 3.仙草品種(系)間之各組成分百分率比較

Table 3. Comparison of the individual fraction percentage in total polysaccharide among different varieties (clones) of Hsain-tsao extracts

Variety	Fraction A(%)[z]	Fraction B(%)	Fraction C(%)
Var.TARI No.1(C)	41.2d[y]	37.5a	21.3bc
78-S-1(A)	50.4ab	18.0d	31.6a
83-S-6	43.4cd	35.5ab	21.1bc
83-S-7	47.3bc	34.7ab	18.0c
83-M-1	45.5c	32.9b	21.6b
83-AC-12(A x C)	53.5a	24.9c	21.6b
Var. Taoyuan 1	45.7c	33.2ab	21.1bc

[z] The same as in Table2.

[y] Means followed by the same letter within the same column are not significantly different 5 % level by Least Significant Difference Test.

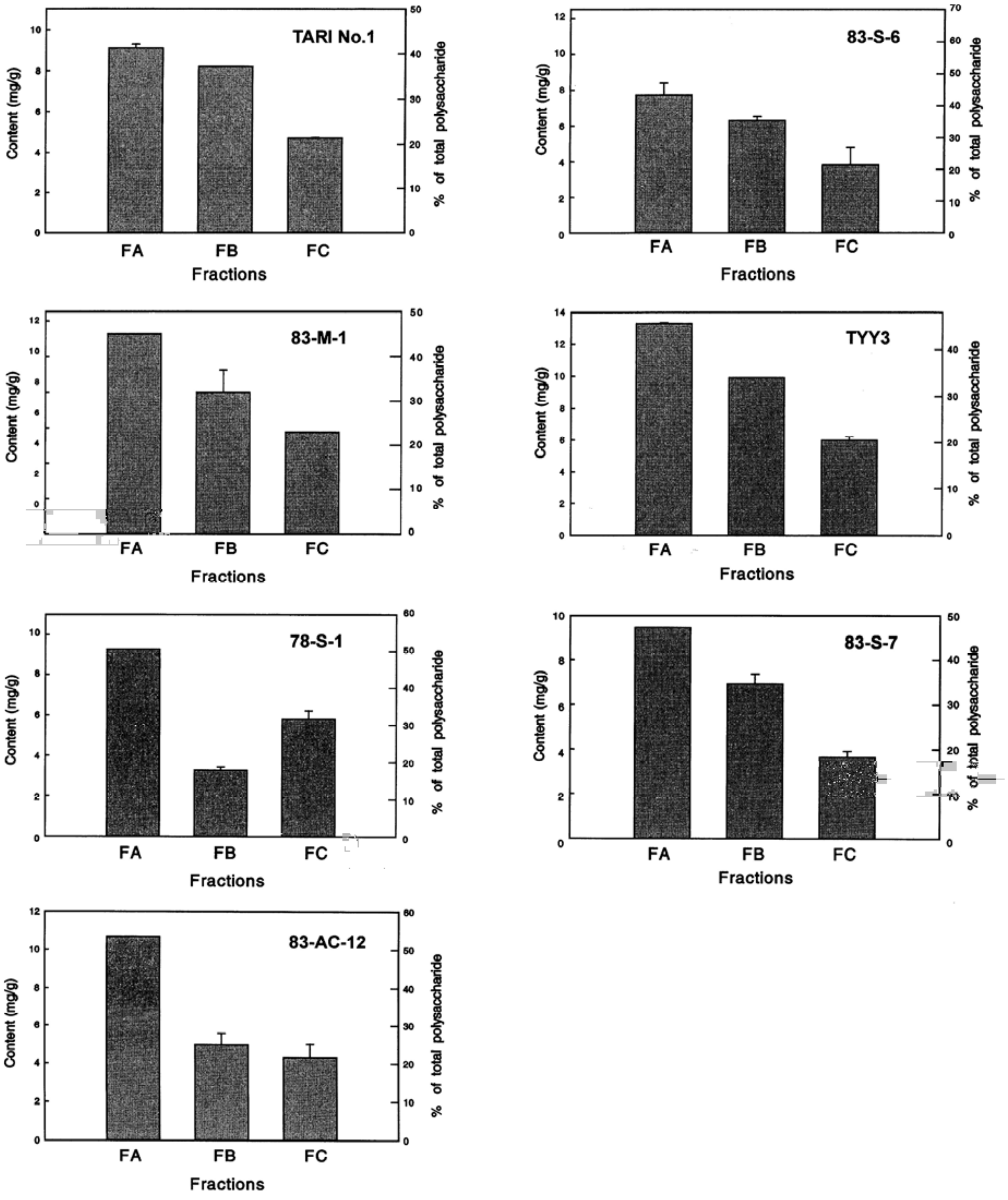


圖 2.仙草品種(系)間之多醣體內各組成分所佔比率比較。

Fig.2. Comparison of individual fraction percentage in total polysaccharide among different varieties(clones) of Hsain-tsao extracts.

另，顏氏等報告[11]，仙草植體加鹼萃取，其抗氧化力有因加鹼種類之不同表現不同，在蒸煮時間3小時後，加 Na_2CO_3 萃取物之抗氧化力會隨蒸煮時間延長，從 98 降至 76 %；加 $NaHCO_3$ 降至 44 %；若在萃取時把鹼的濃度增加，則抗氧化力亦會隨濃度的增加而下降，此信息告知吾人傳統之仙草凍產品雖具有鄉土味特色，但基於人類保健，其功效有失於仙草茶飲料，由此，為確保仙草蒸煮萃取時減損多酚類含量而影響抗氧化力起見，表現較低凝膠強度之品系如 78-S-1, 83-M-1 與 83-AC-12，可合理的建議作為仙草茶飲料較佳。

引用文獻

1.胡敏夫、林禮輝。1985。仙草品種與植期對產量及主成份含量之影響。中華農業研究 34：157-163。

2.胡敏夫、林禮輝。1986。仙草不同生長期主成份含量分析。中華農業研究 35：180-185。

3.胡敏夫、劉慧瑛、朱戩良、劉新裕。1997。仙草品系間農藝性狀與化學組成分之比較。中華農業研究 46：32-41。

4.胡敏夫、張愛華、呂椿棠、劉新裕。1998。不同氮磷鉀肥施用量對仙草產量及品質之影響。中華農業研究 47：259-266。

5.胡敏夫、羅淑卿、劉新裕、盧煌勝。2000。仙草新品種農試 1 號之育成。中華農業研究 49：12-25。

6.胡敏夫、吳婉麗、劉新裕、林木連。2001。不同量雞糞堆肥配合化學肥料對仙草品質及產量之影響。中華農業研究。50:60-66。

7.洪千雅。2001。仙草抗氧化機能性之研究。國立中興大學博士論文 28-61。

8.姜金龍、龔財立、辛仲文、林俊清。2001。仙草桃園 1 號之育成。桃園區農業改良場研究彙報 42：1-12。

9.楊啓春、陳理宏、呂政義。1982。仙草凍凝膠機構之研究-以不同乙醇濃度沈澱仙草多醣膠質之凝性及糖成份之組成。食品科學 9：19-26。

10.Lii, C.Y., and L. H. Chen. 1980. The factors in the gel- forming properties of hsian- tsao(*Mesona procumbens* Hemsl.) I. Extraction conditions and different starches. Proc. Natl. Sci. Counc. ROC.4：438- 442.

11.Yen Gow-Chin,Chien-Ya Hung.2000. Effects of alkaline and heat treatment on anti-oxdative actvity and total phenolics of extracts from Hsian-tsao(*Mesona procumbens* Hemsl.).Food Res. Intern. 33：487-492.

Analysis on the Contents of Polysaccharide and Its Fractions in Different Varieties (Clones) of Hsian-tsao (*Mesona procumbens* Hemsl.)[1]

Min-Fu Hu[2,4], Shu- chin Lo[3] and Sin-Yie Liu[2]

Summary

The gel–formation strength, polysaccharide contents and the percentage of individual fraction in total polysaccharides of seven varieties or clones of Hsian-tsao were analyzed. Variety TARI No.1, clone 83-S-6 and 83-S-7 showed well gel-formation strength due to their lower fraction A and higher fraction B percentage in total polysaccharides. Their gel-formation strength reached 633.2, 495.4 and 420 g/cm^2, respectively with statistically significant difference ($p<0.05$). In contrast, a lowly gel-formation strength of clones, such as 78-S-1, 83-M-1 or 83-AC-12, were attributed to their higher fraction A and lower fraction B percentage in total polysaccharides. Therefore, it is suggested that the varieties with low fraction A and high fraction B percentage in total polysaccharides are suitable to be used for making hsian-tsao jelly, whereas those with high fraction A and low fraction B are used for making herbal beverages.

Key words： Hsin-tsao (*Mesona procumbens* Hemsl.); Polysaccharid; Fractions; Gel-fomation strength

---

1.Contribution No.2110 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted by May 10, 2002.
2.Respectively, Assistant Agronomist, Senior Agronomist, Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3.Assistant, Department of Agricultural Cemistry, TARI. Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
4.Corresponding author, E-mail:minfu@wufeng.tari.gov.tw; Fax：(04)23302806.

中華農業研究(J. Agric. Res. China) 51(2):24~31(2002)

台灣原生細本山葡萄的選種與栽培 (I)細本山葡萄的外表型變異 [1]

林義恭 [2,3] 劉新裕 [2] 賴瑞聲 [2] 胡敏夫 [2] 高瑞隆 [2] 徐原田 [2]

摘要：為了解細本山葡萄的選種反應，於 1999 年與 2000 年在台中進行試驗，以 10 個細本山葡萄及 2 個細葉山葡萄的品系作為材料。調查其根部性狀等農藝特性，以比較其外表型變異。田間設計採 RCBD 3 重複，2 種不同土壤水分含量，調查 11 個性狀及計算其 9 個性狀之相關。大多數的性狀包括根產量和主根直徑均顯示具有遺傳型和外表型的變異，湛水處理顯著地降低了根產量和其他影響根產量的性狀，然而，山葡萄根的 β-sitosterol 成分含量卻無顯著改變。遺傳型和外表型相關的結果為：根產量和主根直徑、主莖直徑、株高、分枝重等呈顯著之正相關，正常灌水條件下，根產量和 β-sitosterol 成分含量、主莖直徑呈顯著之正相關，但以上的相關係數在湛水情況下降低且不顯著，在湛水的情況下，分枝數目與重量與根產量具顯著正相關。

關鍵詞：細本山葡萄、細葉山葡萄、外表型變異、相關、選種、栽培。

前　　言

山葡萄為葡萄科(Vitaceae)多年生草本植物，係原生長在台灣及中國大陸平原與山麓灌叢林的木質落葉性藤本植物，山葡萄分類上有山葡萄屬(Ampelopsis) 和葡萄屬(Vitis)二屬，世界的葡萄屬植物調查約有 65 種，分布在熱帶和亞熱帶，台灣產含變種約有 5 種[2]。葡萄屬的細本山葡萄植物(*Vitis thunbergii* Sieb. et. Zucc.)除了作為葡萄育種抗露菌病種原的來源[7]外，在東亞人的藥用上亦多有記載，宋朝吳其濬先生植物名實圖考記載：「酸藤洗瘡毒。」酸藤即今之山葡萄，泉州本草記載其性味：「甘，平，無毒。」江蘇藥材誌記載：「藤莖，煎服，治風疹。」近年來(1998 年~)由國內醫學院進行的藥理研究大致為粗抽取物的報告，藥理上較明確地指出其具有鎮痛抗發炎的作用，但其指標成分仍未明。研究指出：山葡萄的粗抽取物具抗肝毒性[15]、止血、鎮痛、消炎[16,14]、保肝[13,14]等作用，台灣產山葡萄的乙醇抽取液對金黃色葡萄球菌 No.15 有顯著的抑制作用[6]。山葡萄粗抽取物中含 β-sitosterol, β-sitosteryl glycoside, lupeol, (+)-catechin, ampelopside, gallic acid [1], β-amyrin, vanillic acid, quecertin, betulin, ethyl gallate, kaempferol, 和 resveratrol[3] 數種成分。β-sitosterol 及 β-sitosteryl glycoside 具有保肝之生理活性[1]，(+)-catechin 具有抑制緊張性潰瘍之作用，gallic acid 的生理活性具有免疫抑制，抗 UV 所誘發的突變及抗菌作用[1]；就醫學上動物試驗以福馬林誘發大白鼠舔足法，及以鹿角菜膠誘發大白鼠足

1.行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2111 號。接受日期：91 年 5 月 10 日。

2.本所農藝組助理研究員、研究員、助理研究員、助理研究員、助理研究員、助理研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

3.通訊作者，電子郵件：yklin@wufeng.tari.gov.tw；傳真機：(04)23302806。

趾浮腫等抗發炎實驗結果，證明山葡萄具有明顯的鎮痛抗炎作用[3]，此外，山葡萄粗抽取物可對乙醯轉移酵素的活性產生抑制效果，降低細胞內因芳香氨類(arylamine)化學致癌物受乙醯轉移酵素中間代謝影響引起的基因突變機率[4,5]。

山葡萄在分類上有山葡萄屬和葡萄屬二屬，山葡萄屬又有廣東山葡萄(*Ampelopsis cantoniensis* Planch)大本山葡萄(*Ampelopsis brevipedunculata* Trautv.)、漢氏山葡萄(*Ampelopsis brevipedunculata* Trautv. var.hancei Planch.)和異葉山葡萄(*Ampelopsis brevipedunculata* Trautv.var. hetero- phyla Thunb.)四種，台灣的葡萄屬有光葉葡萄(*Vitis flexuosa* Thunb.)基隆葡萄(*Vitis kelungensis* Moniyama)、細本山葡萄(*Vitis thunbergii* Sieb. et.Zucc.)和細葉山葡萄(*Vitis adstricta* Hance)四種，不同種類山葡萄的外部型態等外表性狀各異，日本人對於數種葡萄屬的植物已有RAPD[10]和以PCR方式複製DNA的AFLP(Amplified fragment length polymorphism)[9]區分栽培種的葡萄及野生種的細本山葡萄(*Vitis thunbergii* Sieb. et. Zucc.)。中國山西省的西北大學以在中國原生的葡萄屬細葉山葡萄(*Vitis adstricta* Hance)及其他葡萄屬等 9 種的植物進行遺傳變異分析[11]。日本九州東海大學的中川教授等 7 人曾受文部省科學研究之託，在 1978~1979 年至台灣、韓國及中國等地蒐集葡萄屬十數種的植物，與日本原生的葡萄屬植物比較，包括 *Vitis thunbergii* Sieb. et Zucc. 及 *Vitis adstricta* Hance 等進行葉部外表型態的檢定[12]，日本全區除北海道外的較低緯度地區也有 *Vitis thunbergii* Sieb. et. Zucc.的分佈。有關山葡萄屬藥材國內已有新近 5 篇鑑定成分的報告[1,3-6]，惟在葡萄屬的山葡萄品種及栽培上則鮮有報告，有必要進行進一步試驗。

材料及方法

以台灣原生 4 年生的細本山葡萄(*Vitis thunbergii* Sieb.et. Zucc. var. *taiwaniana* Lu)10 個品系及細葉山葡萄(*Vitis adstricta* Hance)2 個品系作爲材料，LineT1- 10 爲細本山葡萄，T1-6 的來源地爲台南，T7-8 來源地爲台中，T9-10 來源地爲苗栗， Line A11-12 爲細葉山葡萄，來源地爲台中。二個農田試驗於 1999 年 9 月及 2000 年 3 月及 9 月與 2001 年 3 月，在本所山葡萄試區進行試驗，農田是壤砂土(loamy clay)。這 12 個山葡萄的品系種在以 RCBD 3 重複設計的田區，每一小區 10m 長，3m 寬，株和株的行距爲 2m，株距爲 2m，每一小區有 10 株。2 個不同處理爲正常灌水與經常湛水處理，正常灌水處理係在生育期於田間容水量達到 50%的耗損，在 Pan class A 等級達到 65±5mm 的蒸散量時灌水處理，約每 30-45 日灌水一次，而湛水處理係在田間容水量達到 25%的耗損，在 Pan class A 等級達到 35±5mm 的蒸散量時灌水處理，約每 10-15 日灌水一次，土壤水分狀態測量係取土樣回來，以 135±10℃烘乾，計算其水分含量。

田間施肥係使用 80kg/ha N，60kg/ha P_2O_5 及 30kg/ha K_2O ，雜草控制方式利用塑膠布覆蓋及使用除草劑，調查每小區中逢機選取的 5 株，取樣的材料置入 70℃的烘箱中烘乾材料，主莖直徑係量取土面上 10cm 的主莖橫切面直徑，主根直徑係量取土面下 10cm 的根的橫切面的直徑，株高爲自地面量至主莖末稍的長度，分枝數爲計算主莖上的分枝數，分枝重爲取各條分枝，除去葉的重量，主莖重爲地上部主莖的重量，開花日數爲開花日數的長短，根產量爲地下根部的重量，收穫指數爲根重與全株重的比値，此數値係專作爲根部藥用的參考値，因細本山葡萄全株可用，不同部位的售價不同，收穫指數可能更高。由於細本山葡萄目前並無指標成分，以下 β-sitosterol 成分供參考，β-sitosterol 含量以下列方式取得：山葡萄根部切片，以甲醇萃取後經減壓濃縮得粗抽取物，再以正己烷(n-hexane)、氯仿(chloroform)、正丁醇(n-butanol)及水分配分離，得各層產物，再經層析分離，親水層用低壓 Sephadex LH-20、RP-18 及 RP-8 柱層層析，用溶媒依序以不同比例沖洗，進一步分離並純化，經數種光譜儀(UV、IR、NMR、GC-Mass)測定並解析其分子結構，純化 β-sitosterol 等成分。

性狀調查與統計分析

調查數據進行變方分析及相關分析[8]，分別使用遺傳型變異相關係數和外表型變異相關係數與其

平均數來計算變異的遺傳型相關(Genotypic coefficients of variability)和變異的外表型相關(Phenotypic coefficients of variability)，外表型性狀的調查結果以 SAS 統計軟體分析其變異，以區分葡萄屬的細本山葡萄之外觀特性。

結果與討論

山葡萄農藝性狀與變方分析

二種灌水處理的 11 個性狀的平均與變方分析的結果均是具有顯著差異(表 1、表 2)，在品系間及處理間的變異為顯著的，正常灌水處理的性狀平均值均較湛水處理的性狀平均值為高。正常灌水處理下，品系 T1 及品系 T8 的主莖及主根均較大，品系 T4 及品系 T10 的值較小，根產量較高的品系通常具有較大的主莖直徑、主根直徑、較高的株高和較重的分枝重。在湛水處理下，品系之間的根產量具有顯著的差異，但仍以品系 T1 的根產量為高，β-sitosterol 的含量則無顯著差異，湛水狀況下，降低了各品系的根產量。為估算灌水處理對山葡萄性狀的影響，進行 2 個處理的數據之合併分析，正常灌水處理顯著地增加除了 β-sitosterol 含量外的性狀值，成分含量在處理間並無顯著的差異，成分含量的值在選種上是一個參考指標，山葡萄品系之間的差異甚大，湛水對山葡萄的成分並無顯著的影響，但對山葡萄的根產量、主根直徑、主莖直徑等的使用部位影響甚大，降低了可收穫部位的重量，尤其以根部重量的降低為最，因此，山葡萄的栽培應在 30-45 日進行灌水，得以迅速排水的田區為佳，在台灣高溫多溼的雨季需注意排水。

本試驗使用的材料為葡萄屬(*Vitis*)的細本山葡萄及細葉山葡萄，因為在民間容易與山葡萄屬的大本山葡萄混用，有必要在此提出試驗上觀察的植物特徵說明。葡萄屬植物為落葉性，攀緣卷鬚與葉對生，

表 1.山葡萄在正常灌水處理下不同性狀的平均值比較、遺傳型相關變異與外表型相關變異

Table 1. Mean comparison, genotypic(GCV) and phenotypic coefficients of variability (PCV) for 10 different Lines of *Vitis thunbergii* var. *taiwaniana* and 2 *V. adstricta* in normal-irrigated conditions

Line[z]	Stem diameter (cm)	Root diameter (cm)	Plant height (m)	Branch no.	Branch weight (g/plant)	Root yield (kg/plant)	Harvest index (%)	β-sitosterol content (mg/g)	Stem weight (kg/plant)	Days of flowering	Root yield (kg/ha)
T1	2.02	1.80	1.64	12	74.2	0 320	25.31	1.52	0.831	46	2243
T2	2.00	1.76	1.70	8	62.3	0.313	44.32	1.74	0.308	51	2013
T3	2.01	1.74	1.72	8	64.6	0.316	22.03	1.37	1.015	45	1740
T4	1.57	0.62	1.40	4	40.3	0.188	30.24	1.89	0.375	40	1242
T5	1.80	1.32	1.84	9	52.4	0.297	28.46	1.44	0.667	46	2057
T6	1.87	1.27	1.74	7	59.6	0.281	18.62	1.87	1.094	47	1912
T7	1.94	1.13	1.87	8	62.3	0.232	28.72	1.80	0.448	32	1437
T8	2.04	1.76	1.72	14	96.4	0.330	25.24	1.37	0.803	49	2300
T9	1.74	1.23	1.40	9	54.2	0.285	25.03	1.67	0.800	53	1734
T10	1.46	0.53	1.43	2	37.2	0.108	21.46	1.97	0.331	60	540
A11	1.92	1.02	1.66	7	49.3	0.245	17.04	1.84	1.097	44	1613
A12	1.84	0.90	1.69	6	59.4	0.296	27.32	1.65	0.715	42	1959
LSD[y]	0.32	0.46	1.30	4	18.3	0.095	7.73	0.45	0.480	10	362
GCV[y]	3.88	7.21	3.41	11.46	10.2	13.24	12.36	3.04	20.34	12.34	23.24
PCV[y]	3.96	7.34	3.54	11.71	10.5	13.47	13.00	3.12	21.24	12.51	23.76

[z] T1~T10 were *Vitis thunbergii* Sied. et. var. *taiwaniana* Lu; A11~A12 were *Vitis adstricta* Hance.

[y] LSD(0.05), GCV(%), PCV(%).

表 2.山葡萄在湛水處理下不同性狀的平均值比較、遺傳型相關變異與外表型相關變異

Table 2. Mean comparison, genotypic (GCV) and phenotypic coefficients of variability (PCV) for 10 different lines of *Vitis thunbergii* var. *taiwaniana* and 2 *V. adstricta* in flooding-irrigated conditions

Line[z]	Stem diameter (cm)	Root diameter (cm)	Plant height (m)	Branch no.	Branch weight (g/plant)	Root yield (kg/plant)	Harvest index (%)	β-sitosterol content (mg/g)	Stem weight (kg/plant)	Days of flowering	Root yield (kg/ha)
T1	1.50	1.00	1.18	6	47.1	0.173	25.46	1.73	0.428	33	1320
T2	1.32	0.98	1.22	5	36.3	0.164	28.82	1.64	0.349	40	1223
T3	1.11	0.90	1.09	6	25.2	0.154	29.46	1.46	0.331	30	1141
T4	0.60	0.26	0.74	3	26.4	0.080	37.42	1.85	0.098	42	308
T5	0.70	0.82	1.07	4	22.3	0.151	40.46	1.74	0.171	33	1100
T6	0.82	0.84	1.12	6	20.6	0.146	37.16	1.89	0.216	36	1032
T7	0.87	0.69	1.06	2	29.3	0.085	18.11	1.90	0.331	42	430
T8	1.47	0.99	1.23	5	49.3	0.171	23.24	1.50	0.465	35	1400
T9	1.36	0.78	1.14	6	42.4	0.154	26.23	1.64	0.369	43	1123
T10	0.65	0.27	0.93	2	22.7	0.079	30.02	1.73	0.162	37	393
A11	1.23	0.64	0.98	4	34.6	0.101	19.98	1.42	0.362	40	603
A12	0.72	0.42	0.99	5	37.9	0.104	20.03	1.53	0.374	37	643
LSD[y]	0.34	0.30	0.62	2	10.5	0.034	4.16	0.36	0.101	12	247
GCV[y]	4.06	7.22	3.14	8.34	13.4	12.74	10.62	3.46	21.46	10.64	24.70
PCV[y]	4.17	7.46	3.52	8.46	13.6	12.98	10.73	3.53	21.73	10.72	24.94

[z] T1~T10 were *Vitis thunbergii* Sied. et. var. *taiwaniana* Lu; A11~A12 were *Vitis adstricta* Hance.

[y] LSD(0.05), GCV(%), PCV(%).

卷鬚單一條不分叉、極少數為分叉，葉互生，單葉或裂葉，葉緣通常為鋸齒狀，圓錐花序，與葉對生，花呈兩性、或單性、或為雜性，單性花為雌雄同株或異株，花 5 數，花萼小，近全緣或 5 裂，花瓣 5 枚，頂端黏合成杯狀，花早落，柱頭鑽形或頭狀，子房上位，2 室，每室胚珠 2 枚，漿果。葡萄屬以其花序為圓錐花序，且花瓣頂端合生的特徵，易與葡萄科其他各屬例如山葡萄屬(Ampelopsis)區分。山葡萄屬的花為聚繖花序或是繖形花序，花瓣離生，花盤隆起，卷鬚一定為 2 叉。除上卷鬚及花序二特徵之外，以下數項可以作為葡萄屬的細本山葡萄與山葡萄屬的大本山葡萄的區分特徵：(1)細本山葡萄的莖橫切面是扁平圓形，大本山葡萄莖橫切面是圓形。(2)細本山葡萄的莖皮為條裂狀似龍眼皮，大本山葡萄莖皮是方形片裂狀。(3)細本山葡萄的嫩芽軟，大本山葡萄的嫩芽硬且粗。(4)細本山葡萄的節短，大本山葡萄的節長。(5)細本山葡萄的葉脈下陷，大本山葡萄的葉脈光滑且平，大多雙面無毛。(6)細本山葡萄 4 年生以上的根橫切面為 4 瓣半至 5 瓣，大本山葡萄的根橫切面為花瓣 8-10 瓣。

卷鬚為葡萄科植物的重要特徵，因為葡萄科植物在未開花時與瓜科的植物型態極為相似，容易混淆，葡萄科植物的卷鬚為與葉對生，瓜科植物的卷鬚為在葉腋或葉基側邊生長出來的[(2)]，台灣產的葡萄科植物皆有與葉對生的卷鬚，通常的生長方式是連續 2 節有卷鬚，空 1 節無卷鬚，再連續 2 節有卷鬚，繼續這樣循環。本文使用的材料葡萄屬(*Vitis*)細本山葡萄 *Vitis thunbergii* var.*taiwaniana* 的卷鬚為單一不分叉，然而，山葡萄屬(Ampelopsis)的卷鬚通常 2 叉，且在卷鬚的先端經常可以發現到花序，大本的漢氏山葡萄(山葡萄屬)偶爾可以發現卷鬚與花序生長在一起，葡萄科的其他屬則沒有此種情形，花序與卷鬚同生長的特性為山葡萄屬(Ampelopsis)的一種特徵，而卷鬚先端不分叉，則可視為葡萄屬(*Vitis*)的特徵。

細本山葡萄為台灣原生的小葉山葡萄，單葉，葉偶具深裂，也有明顯的托葉，花期 6-8 月，果為漿果，熟時紅色至黑紫色，種子 3 粒，果期 9-11 月，有時環境的刺激會使得一年開花二次，另一次的

花期在 3-4 月開花，果期在 5-7 月，此點與我們經常食用的葡萄(*Vitis vinifera*)相同。葡萄屬中的另一種細葉山葡萄(*Vitis adstricta* Hance)古名又稱蘡薁，應是中國大陸原生種，其後再由移民遷移至台灣，中國江蘇、安徽、江西、福建及台灣均有分佈，台灣多取之作爲藥用，目前野外已難發現，民間庭院偶見栽培，其葉較小而薄圓，葉面光滑，葉背具絨毛，卷鬚亦不分叉，容易與細本山葡萄混淆。

特性相關性分析

細本山葡萄 9 個重要性狀的外表型和遺傳型相關係數列在表 3 及表 4，一般而言，外表型和遺傳型相關的數值相近，表示環境對於性狀間相關的影響程度較小，在正常灌水處理下，根重與 β -sitosterol 含量的相關爲顯著的正相關，根重與主莖直徑、主根直徑、株高、分枝重、收穫指數性狀呈顯著的正相關，表示根重的大小，可以由地上部的株高、分枝重、主莖直徑等性狀推估而出，根的重量與 β -sitosterol 的含量呈顯著正相關關係，β -sitosterol 爲山葡萄的重要成分之一，山葡萄在生育 4-5 年後主莖常呈木質化，根部的主根及分枝根與鬚根爲其主要的藥用部位，主根 3-4 年生的木質化部位較少，可橫切曬乾作爲藥材，山葡萄全株具有 β -sitosterol 成分，但以根部爲最多，β -sitosterol 成分具有保肝之生理活性[1]，在實驗室可由正己烷(n-hexane)層析分離出。開花日數與其他性狀間的相關爲不顯著，因爲山葡萄的利用部位並不在花與種子，開花日數與根莖部位的重量並無顯著相關關係。主莖重量與主莖直徑具有顯著正相關，與收穫指數則呈顯著負相關，這裡的收穫指數係僅計算根部的收穫量與全株重量相比，收穫部位係不計入莖的重量，然而，民間是以全株包括莖和葉入藥，在試驗上主要以根爲主。β -sitosterol 的含量除根重外，與其他性狀間的相關並不顯著，成分的含量與株高、分枝等的性狀無關。收穫指數與主莖直徑呈顯著負相關，與分枝重亦呈顯著之負相關，但收穫指數與主根直徑及株高呈顯著的正相關，分枝重僅與分枝數目呈顯著的正相關，主根直徑與主莖直徑亦呈顯著正相

表 3.山葡萄在正常灌水處理下，不同性狀的外表型(P)相關和遺傳型(G)相關

Table 3. Phenotypic, (P) and genotypic, (G) correlation coefficients among different characters of *Vitis* Lines in normal-irrigated condition

Character		Stem diameter	Root diameter	Plant height	Branch no.	Branch weight	Harvest index	β -sitosterol content	Stem weight	Days of flowering
Root yield/plant	P	0.764**	0.875**[z]	0.707*	0.304	0.546*	0.843**	0.873**	0.403	0.257
	G	0.843**	0.883**	0.743*	0.274	0.574*	0.872**	0.924**	0.384	0.265
Days of Flowering	P	0.104	0.103	0.200	0.102	0.137	0.247	0.154	0.142	
	G	0.110	0.124	0.210	0.113	0.124	0.233	0.162	0.150	
Stem Weight	P	0.643*	0.548*	0.750*	0.232	0.303	-0.787**	0.241		
	G	0.657*	0.403	0.704*	0.249	0.314	-0.792**	0.252		
β-sitosterol content	P	-0.337	-0.447	0.270	0.223	0.324	0.015			
	G	-0.346	-0.456	0.274	0.212	0.351	0.010			
Harvest Index	P	-0.802**	0.768**	0.502	0.462	-0.612*				
	G	-0.813**	0.712*	0.571*	0.531	-0.634*				
Branch Weight	P	0.355	0.242	0.203	0.576*					
	G	0.361	0.253	0.212	0.612*					
Branch no.	P	0.200	-0.035	0.022						
	G	0.211	-0.037	-0.121						
Plant Height	P	0.121	0.321							
	G	0.142	-0.032							
Root Diameter	P	0.701*								
	G	0.834**								

[z] *and ** indicated significantly at 0.05 and 0.01 levels, respectively.

關。綜合以上在正常灌水狀況下各性狀的相關係數，選拔有效成分較高的山葡萄品系應以根重爲主，3-4 年生的根爲適當，而在地上部的判斷又以主莖直徑、株高、分枝重爲主，與開花期的長短並無關係。在湛水情況下，遺傳型和外表型的相關值與正常灌水處理的相關值是相近的，湛水處理的根重與分枝數、分枝重、收穫指數呈顯著正相關，而根重與β-sitosterol 含量並無顯著相關關係，可能是因爲湛水使根部呈逆境反應的緣故，表四顯示，在湛水的情況下，分枝數目與重量與根產量具顯著正相關，研判係過多的田間水分使得山葡萄分枝的數量增加，在湛水條件下應以分枝數目及重量作爲山葡萄選種的一個指標。

在湛水情況下，選種以選擇具有較低株高及分枝數較多的植株對於提高根的產量較有助益，主莖直徑和收穫指數與根產量具有顯著的正相關關係，開花日數對於根產量的相關說明此性狀對提高產量並無幫助，主莖重量可作爲在未挖取根部前，評估根產量的一項指標，山葡萄的主要藥用部位在根，藉由地上部生長部位作爲山葡萄選種的選種指標，在育種上應爲可行的。

表 4.山葡萄在湛水處理下，不同性狀的外表型(P)相關和遺傳型(G)相關

Table 4. Phenotypic, (P) and genotypic, (G) correlation coefficients among different characters in flooding-irrigated condition

Character		Stem diameter	Root diameter	Plant height	Branch no.	Branch weight	Harvest index	β-sitosterol content	Stem weight	Days of flowering
Root yield/plant	P	0.721**[z]	0.327	0.241	0.562*	0.531*	0.789**	0.321	0.203	0.200
	G	0.803**	0.364	0.292	0.410	0.546*	0.792**	0.354	0.211	0.198
Days of Flowering	P	0.121	-0.003	0.101	0.120	0.140	0.237	0.146	0.132	
	G	0.130	-0.012	0.046	0.124	0.152	0.223	-0.124	0.152	
Stem Weight	P	0.741**	0.623*	0.745**	0.201	0.300	-0.480	0.102		
	G	0.597*	0.512*	0.773**	0.224	0.286	-0.537*	0.200		
β-sitosterol content	P	-0.005	-0.132	0.201	0.221	-0.312	0.001			
	G	-0.032	-0.165	0.237	0.197	-0.323	0.011			
Harvest Index	P	-0.731**	0.652**	0.537*	0.321	-0.564*				
	G	-0.746**	0.543*	0.546*	0.346	-0.573*				
Branch Weight	P	-0.325	0.202	0.373	0.522*					
	G	-0.336	0.213	0.386	0.470					
Branch no.	P	0.020	-0.123	0.056						
	G	0.035	0.154	0.047						
Plant Height	P	0.120	0.254							
	G	0.114	-0.006							
Root Diameter	P	0.821**								
	G	0.738**								

[z] * and ** indicated significantly at 0.05 and 0.01 levels, respectively.

引用文獻

1. 林俊良、梁文俐、楊玲玲、顏焜熒。1993。山葡萄之成分研究(1)大本山葡萄。鄭氏藥學基金會研究彙刊 1:47-51。
2. 許再文。1999。台灣產葡萄科植物的分類研究。國立成功大學碩士論文。pP62-70。
3. 謝文聰、譚思濰、陳介甫、蔡輝彥。1998。山葡萄粗抽取物及其活性成分之鎮痛抗炎作用研究。中國醫藥學院雜誌 7(3):81-87。
4. 譚思濰、蔡輝彥、謝文聰、鐘景光。1998。廣東山葡萄不同溶媒各層分離物對大鼠肝臟組織及血液中乙醯轉移酵素之影響。中國醫藥學院雜誌 7(4):105-112。
5. 譚思濰、蔡輝彥、謝文聰、鐘景光。1998。廣東山葡萄粗抽取物對大鼠肝臟及血液中芳香氨類乙醯轉移酵素影響。中國醫藥學院雜誌 7(1):55-62。
6. 譚思濰、蔡輝彥、鐘景光、謝文聰、邱年永。1997。廣東山葡萄粗抽取物的鎮痛及抗炎作用之研究。中國醫藥學院雜誌 6(2):1-6。
7. Brown M.V., J.N.Moore, P.Fenn, and W. McNew. 1999. Evalution of grape germplasm for downy mildew resistance. Fruit var. J. 53(1):22-29.
8. Dewey,D.R.& K.H.Lu.1959.A correlation and path coefficient analysis of component of crested wheat grass seed production. Agron J. 51:515-518.

9.Goto-Yamamoto. 2000. Phenetic clustering of grapes (Vitis spp.)by AFLP analysis. Breeding Sci. 50:53-57.

10.Goto-Yamamoto, N., R.Mochioka, L.Bonian, K.Hashizume, N.Umeda and S. Horiuchi. 1998.RFLP and RAPD analysis of wild and cultivated grapes (Vitis spp.). J. Jpn. Soc. Hort. Sci. 67:483-490.

11.Liao,X.R.,X.C. Zhu and P.C. He. 1997. Application of seed protein components in cluster analysis of Chinese Vitis plants. J. of Hort. Sci. 72(1):109-115.

12.Nakagawa S.,S. Horiuchi, H. Matsui, E. Yuda, S.Yamada, Y. Murai, and H. Komatsu.1991. Distribution and leaf morphology of wild grapes native to Japan. J. Jpn. Soc. Hort. Sci. 60(1):31-39.

13.Oshima,Y., Namao K., Kamijou A., Matsuoka S., Nakano M., Terao K., Ohizumi Y.1995. Powerful hepatoprotective and hepatotoxic plant oligostilbenes, isolated from the oriental medicinal plant *Vitis coignetiae* (Vitaceae). Experientia 51(1):63-66.

14.Sun,X., Y.X.Guan, X.L.Luo, Ya Yu, H.Z. Gao 1986.Observation of the efficacy of *Ampelopsis brevipedunculata* Trautv. In the treatment of herpes zoster. Tra. Chn. Med. J. 6(1):17-18.

15.Yang, L.L.,Yen K.Y.,Kiso Y.,Hikino H.1987. Antihepatotoxic actions of Formosan plant drugs. Ethnopha. J. 19(1):103-110.

16.Yen, K.Y., W.H. Lee, and J.F. Lee 1967. Studies on the pharmacological effective components of local plants in Taiwan (I) The antibiotic activity and pharmacological action of *Ampelopsis brevipedunculata* Trautv.var.hancei Regder. J. Chn. Pha. 19(1):15-17.

Breeding selection and cultivation of *Vitis thunbergii* Sieb. & Zucc. var. *taiwaniana*. (Ⅰ)The phenotypic variation of *Vitis thunbergii* Sieb. & Zucc. var. *taiwaniana*.[1]

Yi-Kung Lin[2,3], Sin-Yi Liu[2], Ruey-Sheng Lai[2], Min-Fu Hu[2], Jui-Lung Kao[2], and Yuan-Ten Shyu[2]

Summary

To understand the response of selection of *Vitis thunbergii*, We Compared phenotypic variation and correlations among agronomic characters including root production. Two field experiments were conducted in 1999 and 2000 at the experiment field of TARI (Taichung). Ten Lines of *Vitis thunbergii* Sieb.et. Zucc. var. *taiwaniana* and two *Vitis adstricta* Hance were grown in two randomized complete block designs with three replication. Two experiments differed in respect to irrigation regime. The values of eleven characters and relationships of nine characters were assessed.Most of the characters including root yield and main stem diameter showed considerable genotypic and phenotypic variations. Water flooding significantly decreased root yield and its components, however, β-sitosterol content did not differ significantly. Genotypic and phenotypic correlations revealed that root yield had significant positive correlations with main root diameter, main stem diameter, plant height branch weight and main stem weight under normal irrigation. Root yield had significant correlations with β-sitosterol content and main stem diameter under normal irrigation regime, while these correlations became insignificant under water flooding conditions.

Key words: *Vitis thunbergii* var. *taiwaniana*, *Vitis adstricta* Hance, phenotypic variation, correlation, selection, cultivation.

1.Contribution No.2111 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted by May 10, 2002.
2.Respectively, Assistant Agronomist, Senior Agronomist, Assistant Agronomist, Assistant Agronomist, Assistant Agronomist, Assistant Agronomist, Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, R.O.C.
3.Corresponding author, E-mail : yklin @ wufeng.tari.gov.tw; Fax:(04)23302806.

中華農業研究(J. Agric. Res. China) 51(2):32~49(2002)

芋葉大小與形狀之生長型式量化分析及季節性變異[1]

呂秀英[2,4] 魏夢麗[2] 呂椿棠[2] 陳烈夫[3]

摘要：確實掌握芋葉在生長過程中的動態變化，可預測芋的球莖產量生產。葉片之生長發育受到外界環境影響甚鉅；而葉片表面伸展速率的不同，不但造成葉片大小之變化，其形狀也可能有所差異。本研究主要目的在探討本省芋作物在不同葉位的葉片大小與形狀在生長過程中的變化，及其在不同期作栽培下受氣候因素之影響差異。試驗材料為本省地方品種檳榔心芋及其選育品種「高雄一號」，在農業試驗所進行兩年兩期作之栽培試驗，在水芋的全生育期間以非破壞取樣之方式，將所有葉片自初生展開日起依植株生長發育之速率每隔 2~4 天，利用影像處理系統數位相機予以照相存檔，直至枯萎老化為止，然後在電腦上進行葉片大小及形狀的數量化處理，收穫時則調查植株各部位鮮、乾重。結果得知，芋葉特徵變異可以兩個主成份來適當描述：第一主成份包含面積和所有長寬度量之與葉片大小有關的性狀，第二主成份則由 6 個指標綜合構成芋葉形狀。決定了葉裂凹點、葉柄銜接點、兩葉基尖端各至葉尖的相對位置，和兩葉基弧長的轉折點，再加上葉裂角度，應該足以描述及掌握芋葉的形狀特徵。芋葉在初生展開時顯得較狹長、葉裂較深、葉裂角度較小，但隨後葉形便趨於一致。芋葉的兩個葉基並不對稱，高雄一號的右葉基稍大於左葉基，而檳榔心芋則是左大於右。由於兩期作間生長階段氣候變化不同，一月種植期在地上部生長旺盛期的高溫強日照，葉片伸展較快，此有利於收穫時之球莖產量；而七月種植期在地上部生長旺盛期逢低溫寡日照，葉片伸展較慢，故產量較低。葉裂角度、葉裂凹點至葉柄銜接點之長對最大葉長之比例的生長型式受氣候差異之影響在不同期作間有明顯差異。高雄一號在一月種植期的葉裂凹點至葉柄銜接點之長度的延伸較七月種植期及檳榔心芋為快，故造成葉面積上的優勢，致球莖產量提高。

關鍵詞：芋、葉片大小、葉形、主成份分析、影像處理系統、氣象因素。

前　言

水芋栽培是芋在臺灣種植面積最多的一種栽培方式；而檳榔心芋品種則為主要的栽培品種（約佔 93%），具有適應性廣與品質佳之特性[10]。本省氣候環境於任何時期種植芋作物，只要氣溫、日光及水源充足，均有相當的收量，可行週年栽培，但因為配合本省稻作耕作制度，農民多在秋作或春作種植。

1.行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2112 號。接受日期：91 年 5 月 10 日。
2.本所農藝組研究員、助理研究員與助理研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
3.本所農場管理組助理研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
4.通訊作者，電子郵件：iying@wufeng.tari.gov.tw；傳真機：(04)23302806。

1989 年高雄區農業改良場自檳榔心芋選育出豐產、耐軟腐病（soft rot）、品質佳的品種「高雄一號」[9]。有關芋品種改良與栽培的研究在過去並不受重視，目前各改良場所已開始積極進行。欲有效選育優良品種並進行栽培技術之改良，必須對作物之生理基礎先充分認知，以瞭解作物之產量形成機制[7,15]。而利用數理函數將作物植株的生長予以模式化，探討其生長模式及其生長介量的變異，是建立作物生理基礎研究的有效方法之一[15,31]。呂等[3]及陳等[5]曾分別利用 Richards 函數及傳統生長解析方法估計水田栽培檳榔心芋在秋作栽培的生長變化，指出不同年度同一期作試驗之葉面積指數（LAI）曲線受到氣象因素影響而有變化，此影響球莖產量。其結果與 Satou et al.[35,36]所發現者相符，即維持最適的 LAI 爲提高芋生產力的有效途徑之一。提高 LAI 的增加速度及最大值，爲生理上影響本省水田栽培檳榔心芋乾物質生產增加之重要原因[5]。由於本省水芋可全年種植，陳等[6]研究不同栽培季節下水芋 LAI 隨時間生長的動態變化，發現氣溫對水芋 LAI 增加速率及最大值之影響最大，其次爲日照；中部地區不同期作下以一月種植期的 LAI 增加速率最快且年度間變異最小，若於七~九月之夏季秋初時種植因整個生長期處於氣溫及日射量均較低的秋冬季，最不利水芋葉片生長。水芋達最大 LAI 値後的累積 LAI 與球莖產量之間呈極顯著的直線關係，即 LAI 增加速率及最大值愈大，球莖產量則愈高[6]。由此可知，葉片爲芋作物在生理上一個很重要的器官，其大小變化對芋的能量移轉與乾物質累積過程均有密切的關係[5,6]。而葉片表面之伸展受到一些因素影響，如葉片生成及老化的速率、分枝及分櫱、葉片伸展的速率及持續期等[42]，同時葉片伸展持續期又可能與競生嫩葉之發育速率有關[13]，因此探討植物葉片的生長發育，應該就不同葉位資料進行分析。同一葉位及混合不同葉位的葉片伸展速率與溫度間之關係未必一致[42]。Jacob and Chand (1992)[24]指出芋葉的展開葉愈多，生長勢愈強，最終將影響球莖產量。

芋的葉片形似心臟，葉背中心有一圓筒狀葉柄相連，由於葉柄著生於葉基部之上方，故又稱芋葉之形狀呈楯形（peltate）；葉柄基部相互抱合，母芋每伸長一節就生長一個葉片，隨著氣象的變化和球莖的形成，葉片表面積伸展速率不同，葉片形成的形狀也可能有所差異；同一葉面積可能具有多種葉形；此外，溫度及病蟲害的侵襲都可能改變葉形。葉形的外表特徵是品種分類的重要特性之一，其可塑性高且變化又多，因此將葉形變化數量化是一項重要工作[18,20,22,32,33]。葉形的定量分析，主要在發展控制生長及生長型式之異形葉性（heterophylly, 即在植株不同部位上著生不同葉形的葉片）[8]。由於葉片表層界面厚度限制了熱、水份及二氧化碳之交換，造成葉片大小及形狀皆直接影響葉片的能量及物量交換[19,29,41]，故相對於其他度量而言，葉片面積及形狀之測量有利於生態生理研究[43]。因此，本研究之主要目的在探討本省芋作物在不同葉位的葉片大小與形狀在生長過程中的變化，及其在不同期作栽培下受氣候因素之影響差異，以瞭解控制水芋生長及生長型式之異形葉性，並進而瞭解芋葉大小及形狀之變化對球莖收穫產量的影響關係。

爲探討芋作物不同葉位的葉片大小與形狀在生長過程中的變化，必須採用非破壞方法進行取樣調查；而葉形變異的測定並不適合使用形態學上的專門術語來分析，例如：卵圓形、披針形等[27]，形狀方面則需增加一些有關對稱性功能的計量，故爲一種比較複雜的測定。葉形指數（shape index）是分類學上常用的指標工具[16,22,23,40]，但該法畢竟太過簡略，無法滿足精確性的要求[4,8]。因此本研究擬利用數位影像系統（image processing system），在芋的全生育期間依葉位別將所有葉片自初生展開之日起到枯萎老化止予以照相存檔，並配合影像測量分析軟體（image measurement and analysis software）進行葉片大小及形狀的量化處理，此不但可避免破壞葉片，也提供自動化且快速同時可一再重複使用的簡便測定方法。本研究將由影像處理之定量分析所得的結果，藉由主成份分析（principle component analysis, PCA）找出可描述芋葉的大小及形狀的最適特徵值，並闡明各種葉片性狀間之相對生長關係，以確立芋葉的發育生長型式，同時探知芋葉大小及形狀在不同期作及品種間的差異性。

材料與方法

試驗材料之培育

參試品種爲地方品種檳榔心芋及其選育品種高雄一號。選自田間帶有 2～3 片葉且重量在 50±5 公克之間的健康幼苗，將每一株各種植在置於試驗田間的 60 公升（直徑 50 公分，高度 48 公分）大塑膠桶中。種植於塑膠桶之目的，是爲了方便調查同時避免傷及植株（倘直接種植於水田，由於必須每天對植株進行調查照相，經常性地踐踏在植株間之田地，對芋植株之生長均極爲不利，另外芋植株最高可達 150 公分以上，屆時照相必須架梯，在田間操作相當不方便）。桶內培植土以田土 2/3 及坋土 1/3 混合後種植。整個生長期間共施用六次肥料，初期（前四個月）施用台肥 1 號複肥（$N:P_2O_5:K_2O$=20:5:10），每株施用量爲 12.5 公克，之後施用台肥 4 號複肥（$N:P_2O_5:K_2O$=11:5.5:22），每株施用量爲 22.3 公克。生長期間注意肥料施用、雜草及病蟲害控制，並於 3 個月及 5 個月各剷除子芋一次，土壤隨時保持濕潤狀態。本試驗水芋栽培前期採水田栽培管理，收穫後期則採斷水處理方式，以避免球莖發生軟腐病，因此本試驗的桶之下方並加裝排水閥，以便於在收穫後期能配合需要打開閥口以控制水量流通。

試驗期作

根據陳等[6]研究不同栽培季節下水芋 LAI 隨時間生長的動態變化，發現中部地區栽培環境下以一月種植期的 LAI 增加速率最快且在年度間變異最小，倘提前於十一月或延後至三~五月種植有可能分別因爲低溫、梅雨或颱風等異常氣候而減緩葉片生長，若於七～九月之夏季秋初時種植因整個生長期處於氣溫及日射量均較低的秋冬季，故最不利於水芋葉片生長。因此本研究分別選擇中部地區最適合的栽培季節（一月）及最不利生長的栽培季節（七月）期間，分別於 1999 年 1 月 14 日及 1999 年 7 月 29 日開始，並分別於 1999 年 11 月 15 日及 2000 年 5 月 30 日收穫，以進行期作間氣象差異對芋葉生長發育之影響研究。圖 1 爲水芋兩年兩種植期之栽培試驗期間（1999 年 1 月至 2000 年 6 月）在農業試驗所各月份的平均氣溫（°C）及每月累積日射量（MJ/m^2）之變化。試驗期間不同種植期之氣象環境迥然不同，一月種植期生長初期氣溫及日射量由低而高，至生長中期達到最高溫後即因進入秋季而氣溫及日射量逐漸變低；七月種植期生長初期氣溫及日射量由高而低，至生長中期達到最低溫後，到翌年春季之生長後期氣溫及日射量又開始回升。

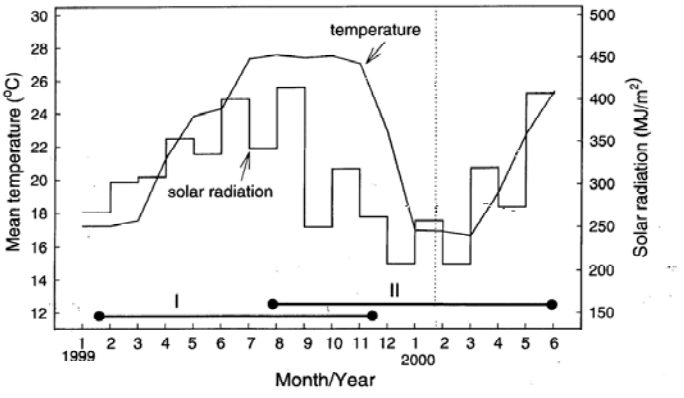


圖 1.1999 年 1 月至 2000 年 6 月試驗期間在農業試驗所的每月平均日溫及累積日射量的變化。(I：一月種植期；II：七月種植期)

Fig.1. Daily mean temperature and monthly solar radiation at Taiwan Agricultural Research Institute, from January 1999 to June 2000. (I: January crop; II: July crop)

重複次數

根據陳等[2]以葉長及葉寬表示水芋葉面積方法之研究中所得不同取樣時期之葉長及葉寬的平均值（$\bar{x}$）及標準機差（S），並設定信賴區間上下限值（h）在平均值之 5%範圍內，利用 $n \geq (t_{0.05}S/h)^2$ 公式（$t_{0.05}$ 爲 5%顯著水準之 t 值臨界值），可求得重複次數（n）應至少在 7.3 株以上。因此，本研究試驗中兩品種於一及七月種植期均各種植 15 及 17 株（由於七月種植期較不利芋植株生長，故種植株數較多）。

性狀調查

就每一葉片自展開日起依植株生長發育之速率每隔 2～4 天，以高解析度數位相機（Agfa ePhoto 1680）將每一葉片的影像連同比例尺照相存檔，直到該葉片枯萎爲止。每一植株的調查工作均至種植後第 10 個月收穫爲止。將所獲得的數位影像檔，利用 SigmaScan Pro 影像測量分析軟體[38]進行葉片各性狀之定量分析。該軟體可以直接在電腦上測得影像的面積、角度、斜率、距離、圓周等測量值，因此可用以進行芋葉各性狀之測量。所調查的芋之各種葉片性狀說明如圖 2，並進而計算 L_X/W_X、L_{SA}/L_X、L_{SP}/L_X、$L_{B(R)}/L_X$、$L_{B(L)}/L_X$、W_P/W_X、W_S/W_X 及 W_B/W_X 之各種長寬度量間的比例。收穫時調查植株各部位鮮、乾重。

統計分析

將兩期作兩品種所有植株不同葉位在不同生長階段所測量的各種葉片性狀原始數據（僅取第 1~27 葉位之自展開到枯黃皆有完整記錄的葉片），分別取出其在葉片剛展開時、葉面積最大時、葉片開始枯黃時之不同生長狀態的完整葉片資料，分別就期作、品種、葉位、葉片生長狀態下以植株爲觀測值進行性狀間的相關分析，然後藉此進行主成份分析，以找出可用來描述芋之葉片大小及葉形的最適特徵值。根據主成份分析所得到的主要芋葉性狀特徵爲指標，探討芋之各葉位在全生育期內的葉片大小及形狀之相對生長關係，並檢測其在不同品種及期作間之變異。最後探討芋葉大小及形狀之變化對球莖收穫產量的影響關係。

上述各項統計分析工作，均依據 SAS 統計分析軟體[34]於個人電腦建檔及運算，並利用 SigmaPlot 軟體繪圖[37]。

結　果

葉面積的生長變化

從種植後到 10 個月收穫止，一般水芋植株可以產生 32～34 片葉。球莖的每節生出一葉，但留在植株上的展開未枯萎的葉片，除了種植後第 1 個月內僅有兩片葉以外，大都維持在 5~6 片葉。水芋各葉位的葉面積生長變化，如圖 3 所示。由於氣候上之差異，一月種植期下兩品種都以生長到第 11～12 片葉時（約種植後第 120 天）的葉面積達一明顯高峰，且高雄一號較檳榔心芋稍高，高雄一號第 4~23 片葉的葉面積伸展也較大於檳榔心芋；七月種植期則無明顯高峰存在，且兩品種間的葉面積伸展趨勢變化無顯著差異。

葉形最適特徵指標之決定

分別就期作、品種、葉位、葉片生長狀態下以植株爲觀測值進行性狀間的相關分析，結果發現各種相關分析所得的係數結果皆一致，因此以合併不同葉位和 3 種葉片生長狀態之植株平均值所得到的性狀間相關矩陣，分別對兩期作和兩品種進行主成份分析，結果各列於表 1, 2（表 1 及表 2 中僅列出特性值大於 1.5 的前四個主成份分析結果）。由表 1 及表 2 得知，不同期作和品種間的主成份分析結果皆相當一致，前兩個主成份可反映所有芋葉特徵的基本面貌：以第一主成份的貢獻率最高（49%），包含面積（Area）及所有長、寬度量（$L_X, L_{SA}, L_{SP}, L_{B(R)}, L_{B(L)}, W_X, W_P, W_S, W_B, C_{(R)}, C_{(L)}$）之與葉片大小有關的性狀，它們的特性向量元素呈較大的正值，這些性狀之間皆存在較大的正相關性；第二主成份貢獻率爲 12~14%，由葉裂凹點至葉尖之主脈長對最大葉長的比例（L_{SA}/L_X）、葉裂凹點至葉柄銜接點

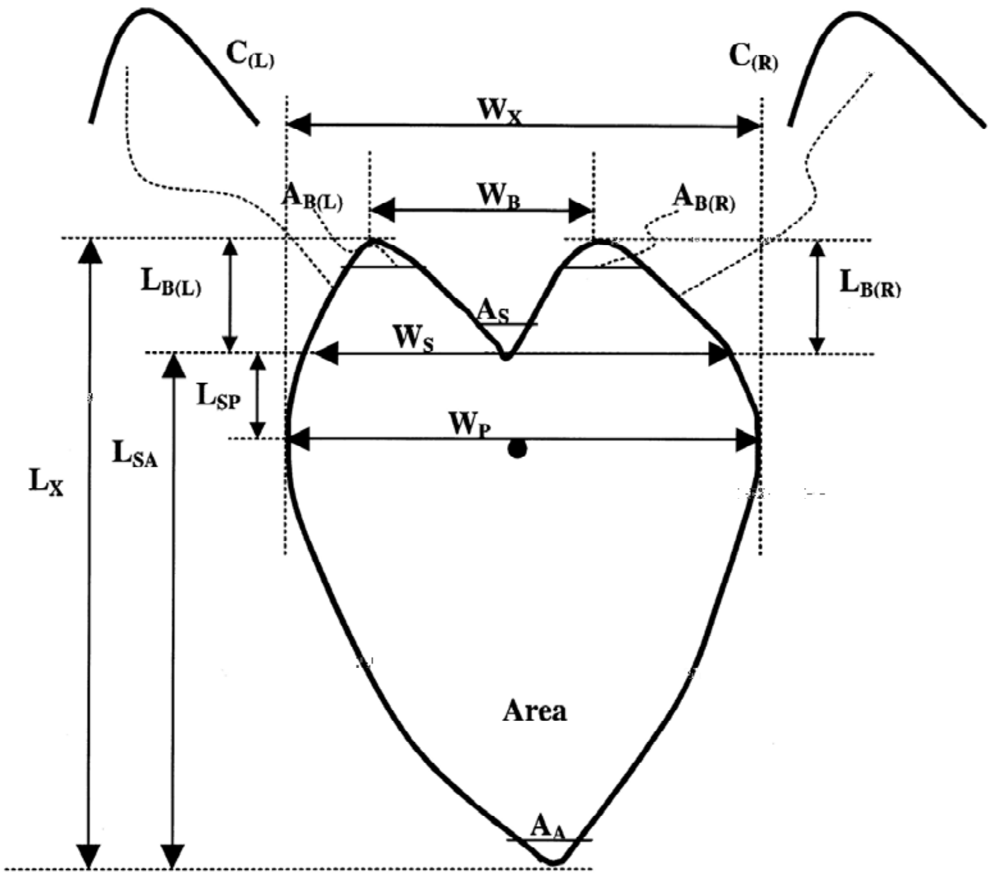


圖 2.芋的葉片性狀測量圖。

Fig.2.Diagram of measurements taken on taro leaves.

Indication of symbols:

L_X：Maximum leaf length（最大葉長）

L_{SA}：Length from the sinus base to the apex of leaf along midrib（葉裂凹點至葉尖之主脈長）

L_{SP}：Length from the sinus base to the petiole-attaching point of leaf（葉裂凹點至葉柄銜接點之長）

W_X：Maximum leaf width（最大葉寬）

W_P：Leaf width passing the petiole-attaching point and perpendicular to L_{SA}（通過葉柄銜接點並與 L_{SA} 垂直之葉寬）

W_S：Leaf width passing the sinus base and perpendicular to L_{SA}（通過葉裂凹點並與 L_{SA} 垂直之葉寬）

W_B：Distance between the tips of the right and left lobes（左右兩葉基尖端之距離）

$L_{B(R)}$：Distance between the tip of right lobe and W_S（右葉基尖端與 W_S 垂直之距離）

$L_{B(L)}$：Distance between the tip of left lobe and W_S（左葉基尖端與 W_S 垂直之距離）

A_A：Angle of the apex（葉尖角度）

A_S：Angle of the sinus（葉裂角度）

$C_{(R)}$：Length of curved line on the right lobe arc（右葉基弧長）

$C_{(L)}$：Length of curved line on the left lobe arc（左葉基弧長）

$A_{B(R)}$：Angel of the right lobe tip（右葉基曲度）

$A_{B(L)}$：Angel of the left lobe tip（左葉基曲度）

Area：Leaf area（葉面積）

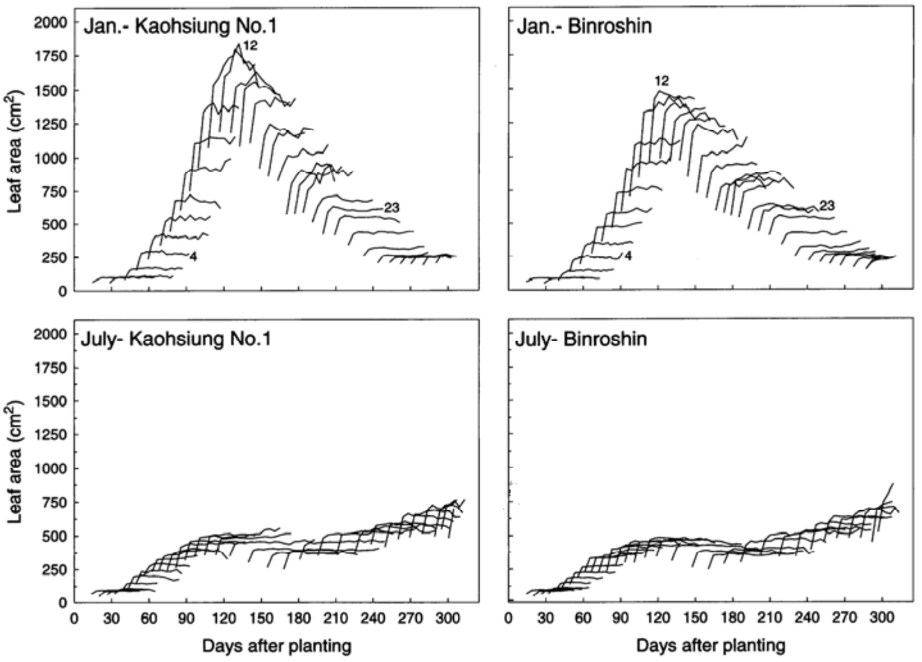


圖 3.不同種植期及品種對水芋各葉位之葉面積的生長變化影響。(各曲線代表不同葉位之生長；圖中數字指向特定的葉位曲線)

Fig.3. Effects of planting times and varieties on the changes in leaf area for individual taro leaves at various leaf position during the growing period. (each curve for different leaf position; numbers in the figure indicate the specific leaf positions)

之長對最大葉長的比例（L_{SP}/L_X）、左右兩葉基尖端各與 W_S 垂直之距離對最大葉長的比例（$L_{B(R)}/L_X$, $L_{B(L)}/L_X$）、通過葉裂凹點並與 L_{SA} 垂直之葉寬對最大葉寬的比例（W_S/W_X）、葉裂角度（A_S），共 6 個指標綜合構成芋葉形狀，其中 L_{SA}/L_X、L_{SP}/L_X 和 A_S 之間具有較大的正相關性，它們的第二主成份特性向量元素呈較大的正值；而 W_S/W_X 和 $L_{B(R)}/L_X$、$L_{B(L)}/L_X$ 之間亦具有較大的相關性，且與前述一組性狀呈現明顯的負相關，它們的第二主成份特性向量元素呈突出的負值。至於傳統上以最大葉長對最大葉寬之比例（L_X/W_X）作為簡單葉形的指標，在本研究中屬於第三及第四主成份的表現性狀之一，該等成份的特性值與前兩個主成份比較變化甚小，貢獻率都低於 10%，且反映的規律性不明顯，分析價值不大。前兩個主成份雖然僅有 62~63%的累計貢獻率，但仍不失去採納主成份分析的意義。因此，決定了葉裂凹點、葉柄銜接點、兩葉基尖端各至葉尖的相對位置，和兩葉基弧長的轉折點，再加上葉裂角度，應該足以描述及掌握芋葉的形狀特徵。

葉形的生長型式

進而比較這 6 個芋葉形狀特徵在各葉位的生長變化，並探討其在不同期作和品種間的差異性，結果示如圖 4~9。結果發現，其中以葉裂凹點至葉尖之主脈長對最大葉長的比例（L_{SA}/L_X）、左右兩葉基尖端各與 W_S 垂直之距離對最大葉長的比例（$L_{B(R)}/L_X$, $L_{B(L)}/L_X$）之三種葉形指標的生長曲線變化，看不出其在品種、期作、葉位及生長階段之間有明顯的差異（圖 4,5,6），但通過葉裂凹點並與 L_{SA} 垂直之葉寬對最大葉寬的比例（W_S/W_X）、葉裂凹點至葉柄銜接點之長對最大葉長的比例（L_{SP}/L_X）、和葉裂角度（A_S）之三種葉形指標的生長趨勢，在期作或品種之間則有差異（圖 7,8,9）。綜觀圖 4~9 結果，各葉位的芋葉除了在剛展開之日稍有差異外，展開後期的葉片形狀均相當穩定，甚至到葉片開始枯黃

表 1. 水芋兩品種於一月種植期各葉片量化性狀的前四個主成份特性向量、特性值、貢獻率及累計貢獻率

Table 1. Eigenvectors and eigenvalues of first four principal components, contribution and cumulative contribution for each quantity characteristic of taro leaves for different taro varieties when planting on January

Leaf characteristic[z]	Principal component eigenvector							
	Kaohsiung No. 1				Binroshin			
	PRIN1	PRIN2	PRIN3	PRIN4	PRIN1	PRIN2	PRIN3	PRIN4
L_X	**0.287**[y]	-0.003	-0.072	0.051	**0.287**	-0.009	-0.077	-0.069
L_{SA}	**0.286**	-0.033	-0.082	0.056	**0.286**	-0.039	-0.080	-0.083
L_{SP}	**0.283**	-0.069	0.014	0.041	**0.281**	-0.090	0.004	-0.036
W_X	**0.289**	-0.015	0.008	0.019	**0.289**	-0.037	-0.009	-0.001
W_P	**0.289**	-0.013	0.010	0.023	**0.289**	-0.036	-0.005	-0.002
W_S	**0.288**	0.021	0.038	0.033	**0.290**	0.007	0.023	-0.008
$L_{B(R)}$	**0.270**	0.127	-0.011	0.017	**0.271**	0.139	-0.036	-0.046
$L_{B(L)}$	**0.269**	0.147	-0.022	0.012	**0.268**	0.150	-0.043	0.063
W_B	**0.273**	-0.032	0.149	0.132	**0.272**	-0.014	0.180	-0.095
L_X/W_X	-0.080	0.092	**-0.511**	**0.214**	-0.066	0.172	**-0.408**	**-0.387**
L_{SA}/L_X	0.056	**-0.480**	-0.193	0.088	0.050	**-0.468**	-0.098	**-0.241**
L_{SP}/L_X	0.010	**-0.298**	**0.403**	-0.096	0.014	**-0.323**	**0.326**	0.122
$L_{B(R)}/L_X$	-0.047	**0.373**	0.192	-0.084	-0.021	**0.406**	0.141	0.057
$L_{B(L)}/L_X$	-0.033	**0.411**	0.170	-0.108	-0.026	**0.399**	0.097	**0.326**
W_P/W_X	0.098	0.094	0.036	**0.251**	0.125	0.033	0.175	-0.092
W_S/W_X	-0.013	**0.327**	**0.271**	0.155	0.084	**0.352**	**0.271**	-0.075
W_B/W_X	-0.102	-0.048	**0.491**	**0.278**	-0.079	0.066	**0.565**	-0.190
A_A	0.071	0.116	0.044	**-0.520**	0.043	0.001	-0.143	**0.543**
A_S	-0.023	**-0.326**	**0.323**	**0.280**	-0.005	**-0.216**	**0.443**	-0.070
$C_{(R)}$	**0.281**	0.072	0.025	0.022	**0.283**	0.079	-0.001	-0.019
$C_{(L)}$	**0.281**	0.074	0.020	0.020	**0.281**	0.089	-0.001	-0.029
$A_{B(R)}$	0.073	-0.192	0.104	**-0.401**	0.058	-0.190	-0.005	**0.443**
$A_{B(L)}$	0.071	-0.185	0.060	**-0.465**	0.067	-0.201	-0.001	**0.304**
Area	**0.281**	-0.016	0.011	-0.006	**0.282**	-0.037	0.006	0.014
Eigenvalue	11.911	2.877	2.155	1.422	11.799	3.253	1.935	1.451
Contribution (%)	49.6	12.0	9.0	5.9	49.2	13.4	8.1	6.0
Cumulative contribution(%)	49.6	61.6	70.5	76.5	49.2	62.5	70.6	76.6

[z] Definition of symbols same as in Fig. 2.

[y] Relatively high positive or negative eigenvalues (bold and underline).

表 2. 水芋兩品種於七月種植期各葉片量化性狀的前四個主成份特性向量、特性值、貢獻率及累計貢獻率

Table 2. Eigenvectors and eigenvalues of first four principal components, contribution and cumulative contribution for each quantity characteristic of taro leaves for different taro varieties when planting on July

Leaf characteristic [z]	Principal component eigenvector							
	Kaohsiung No. 1				Binroshin			
	PRIN1	PRIN2	PRIN3	PRIN4	PRIN1	PRIN2	PRIN3	PRIN4
L_X	**0.287** [y]	0.061	-0.035	-0.079	**0.284**	0.058	-0.063	-0.070
L_{SA}	**0.283**	0.100	-0.037	-0.083	**0.281**	0.105	-0.050	-0.081
L_{SP}	**0.271**	0.168	0.019	0.025	**0.267**	0.189	-0.003	0.025
W_X	**0.284**	0.046	0.128	-0.089	**0.282**	0.067	0.108	-0.096
W_P	**0.284**	0.043	0.134	-0.070	**0.282**	0.065	0.117	-0.079
W_S	**0.284**	-0.017	0.135	-0.042	**0.283**	-0.000	0.127	-0.055
$L_{B(R)}$	**0.269**	-0.110	-0.034	-0.050	**0.263**	-0.137	-0.031	0.056
$L_{B(L)}$	**0.266**	-0.138	-0.009	-0.051	**0.266**	-0.114	0.032	-0.127
W_B	**0.284**	0.018	0.041	0.064	**0.281**	0.034	0.053	0.084
L_X/W_X	0.060	0.062	**-0.618**	0.038	0.066	-0.029	**-0.619**	0.067
L_{SA}/L_X	-0.018	**0.482**	-0.030	-0.028	-0.037	**0.422**	0.088	-0.072
L_{SP}/L_X	0.029	**0.331**	0.126	**0.364**	-0.003	**0.377**	0.139	**0.317**
$L_{B(R)}/L_X$	0.018	**-0.374**	0.002	0.020	0.028	**-0.385**	0.054	**0.221**
$L_{B(L)}/L_X$	0.035	**-0.399**	0.055	-0.003	0.029	**-0.358**	0.175	-0.159
W_P/W_X	0.035	-0.065	0.174	**0.554**	0.045	-0.060	**0.232**	**0.477**
W_S/W_X	0.027	**-0.377**	0.058	**0.344**	0.028	**-0.409**	0.125	**0.287**
W_B/W_X	0.127	-0.053	-0.186	**0.518**	0.132	-0.051	-0.087	**0.536**
A_A	-0.035	-0.022	**0.581**	-0.003	-0.050	-0.000	**0.577**	-0.094
A_S	0.068	**0.315**	0.054	**0.334**	0.070	**0.334**	0.011	**0.370**
$C_{(R)}$	**0.281**	-0.064	0.013	-0.035	**0.278**	-0.079	0.041	0.002
$C_{(L)}$	**0.279**	-0.077	0.033	-0.037	**0.277**	-0.067	0.063	-0.087
$A_{B(R)}$	-0.119	0.074	**0.265**	-0.058	-0.146	0.084	**0.248**	-0.047
$A_{B(L)}$	-0.138	0.080	**0.236**	-0.091	-0.153	0.054	0.156	0.059
Area	**0.280**	0.077	0.061	-0.090	**0.279**	0.076	0.048	-0.059
Eigenvalue	11.694	3.387	1.966	1.515	11.823	3.351	1.916	1.433
Contribution (%)	48.7	14.1	8.2	6.3	49.2	13.8	8.0	6.0
Cumulative contribution (%)	48.7	62.8	71.0	77.3	49.2	63.0	70.9	76.9

[z] Definition of symbols same as in Fig. 2.

[y] Relatively high positive or negative eigenvalues (bold and underline).

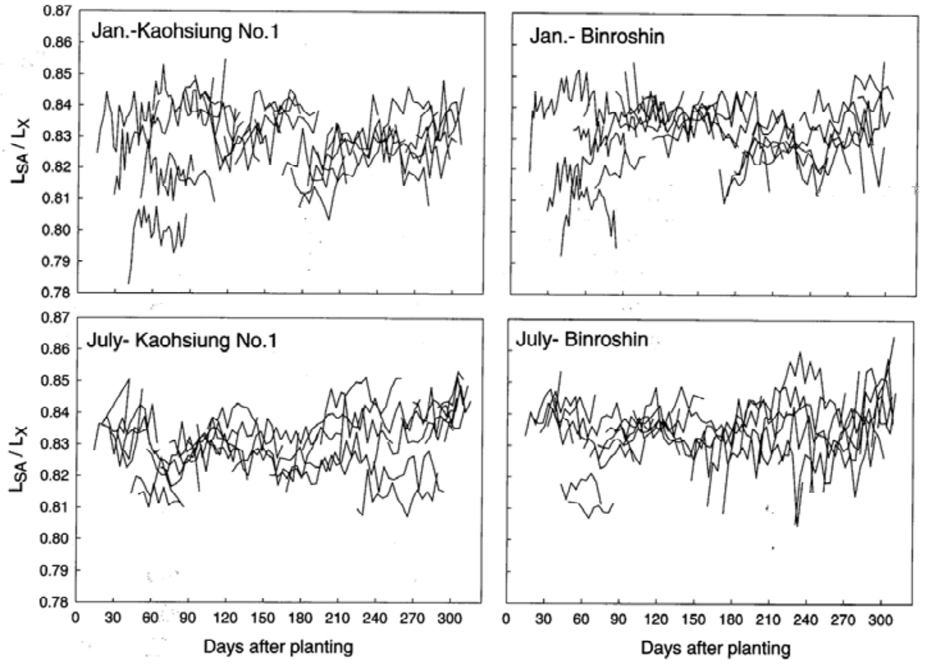


圖 4. 不同種植期及品種對水芋各葉位之葉裂凹點至葉尖之主脈長(L_{SA})對最大葉長(L_X)之比例的生長變化影響。(各曲線代表不同葉位之生長)

Fig. 4. Effects of planting times and varieties on the changes in ratio of length from the sinus base to the apex of leaf along midrib (L_{SA}) to maximum leaf length (L_X) for individual taro leaves at various leaf position during the growing period. (each curve for different leaf position)

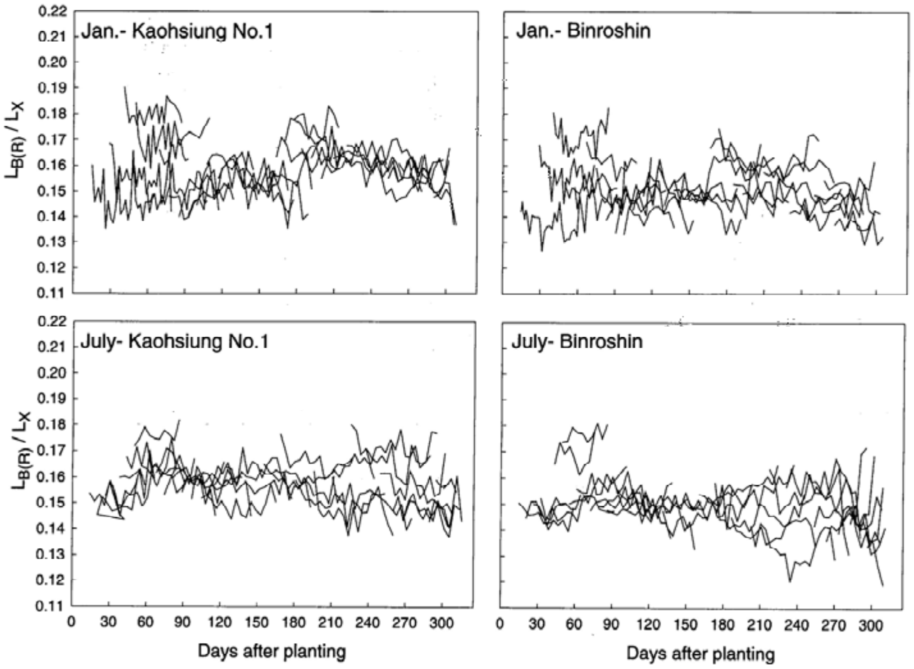


圖 5. 不同種植期及品種對水芋各葉位之右葉基尖端與 W_S 垂直之距離($L_{B(R)}$)對最大葉長(L_X)之比例的生長變化影響。(各曲線代表不同葉位之生長)

Fig. 5. Effects of planting times and varieties on the changes in ratio of distance between the tip of right lobe and W_S ($L_{B(R)}$) to maximum leaf length (L_X) for individual taro leaves at various leaf position during the growing period. (each curve for different leaf position)

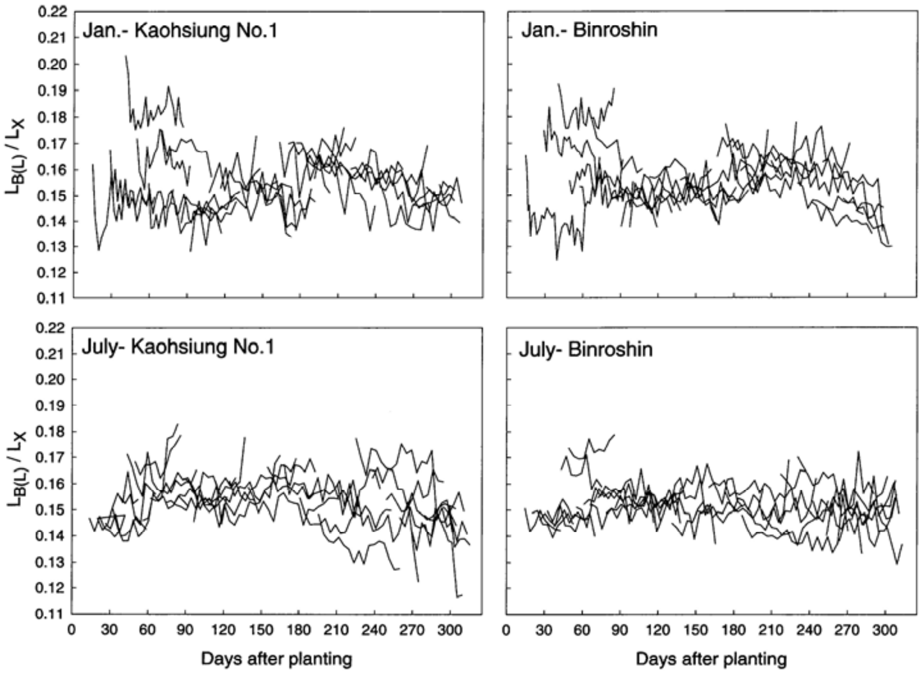


圖 6. 不同種植期及品種對水芋各葉位之左葉基尖端與 W_S 垂直之距離($L_{B(L)}$)對最大葉長(L_X)之比例的生長變化影響。(各曲線代表不同葉位之生長)

Fig. 6. Effects of planting times and varieties on the changes in ratio of distance between the tip of left lobe and W_S ($L_{B(L)}$)to maximum leaf length (L_X) for individual taro leaves at various leaf position during the growing period. (each curve for different leaf position)

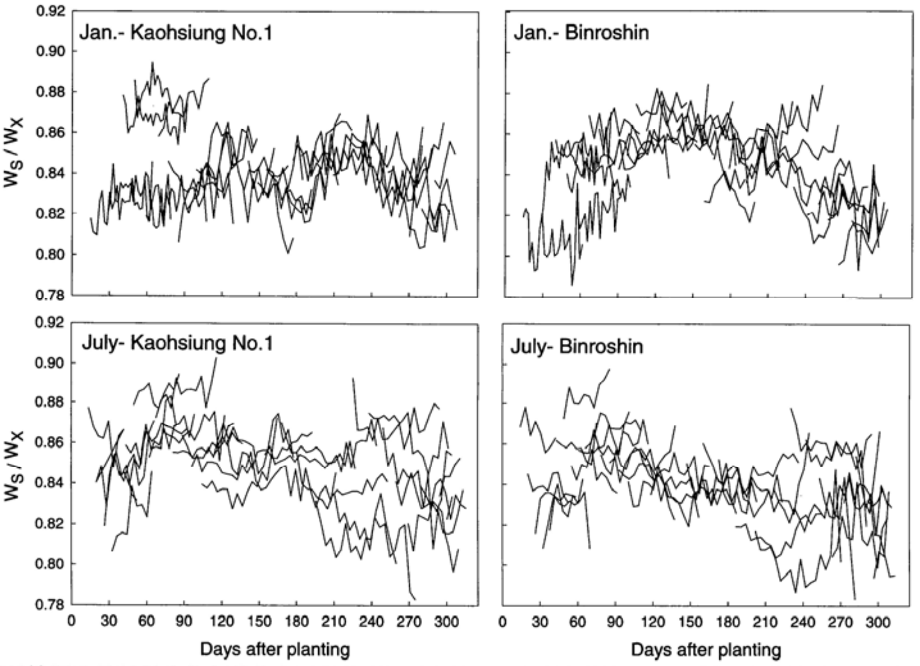


圖 7. 不同種植期及品種對水芋各葉位之通過葉裂凹點並與 L_{SA} 垂直之葉寬 (W_S) 對最大葉寬 (W_X) 之比例的生長變化影響。(各曲線代表不同葉位之生長)

Fig. 7. Effects of planting times and varieties on the changes in ratio of leaf width passing the petiole-attaching point and perpendicular to L_{SA} (W_S) to maximum leaf width (W_X) for individual taro leaves at various leaf position during

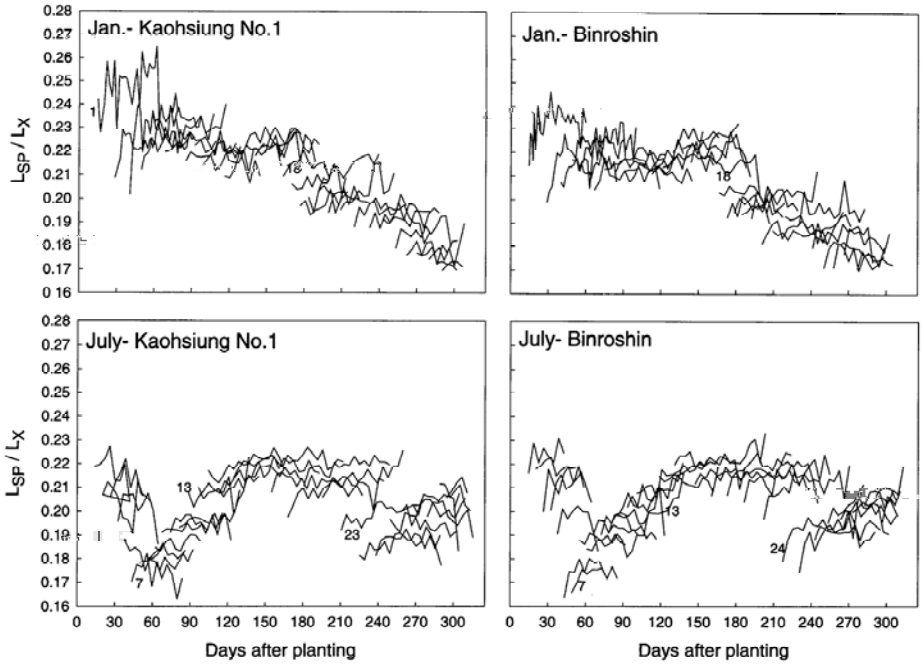


圖 8. 不同種植期及品種對水芋各葉位之葉裂凹點至葉柄銜接點之長（L_{SP}）對最大葉長（L_X）之比例的生長變化影響。(各曲線代表不同葉位之生長；圖中數字指向特定的葉位曲線)

Fig. 8. Effects of planting times and varieties on the changes in ratio of length from the sinus base to the petiole-attaching point of leaf (L_{SP}) to maximum leaf length (L_X) for individual taro leaves at various leaf position during the growing period. (each curve for different leaf position; numbers in the figure indicate the specific leaf positions)

表 3. 不同葉片生長階段下水芋 6 個葉形指數和最大葉長與最大葉寬之比在不同品種及種植期間之差異性比較

Table 3. Comparison of 6 leaf shape indices, and ratio of maximum leaf length to maximum leaf width for different taro varieties and planting times under different leaf growing stages

Leaf growing stage	Planting month	Variety	Leaf shape index[z]						Ratio of maximum leaf length to maximum leaf width (L_X/W_X)
			L_{SA}/L_X	$L_{B(R)}/L_X$	$L_{B(L)}/L_X$	W_S/W_X	L_{SP}/L_X	A_S	
The first day after leaf expansion	Jan.	Kaohsiung No. 1	0.827 b[y]	0.160 a	0.159 a	0.839 b	0.205 a	62.75 c	1.516 c
	Jan.	Binroshin	0.831 a	0.152 b	0.157 ab	0.842 b	0.200 b	63.48 c	1.549 a
	July	Kaohsiung No. 1	0.828 ab	0.159 a	0.155 bc	0.850 a	0.199 b	68.96 a	1.527 bc
	July	Binroshin	0.828 ab	0.150 b	0.152 c	0.843 b	0.198 b	66.09 b	1.540 ab
The day when leaf having maximum area	Jan.	Kaohsiung No. 1	0.827 c	0.160 a	0.155 a	0.843 b	0.209 a	71.18 c	1.431 a
	Jan.	Binroshin	0.833 ab	0.150 b	0.155 a	0.844 b	0.204 b	72.34 bc	1.441 a
	July	Kaohsiung No. 1	0.830 bc	0.159 a	0.153 a	0.850 a	0.203 b	76.55 a	1.442 a
	July	Binroshin	0.835 a	0.150 b	0.152 a	0.841 b	0.204 b	73.93 b	1.432 a
The day when leaf started to wilt	Jan.	Kaohsiung No. 1	0.827 c	0.159 a	0.154 a	0.843 b	0.211 a	71.44 b	1.428 a
	Jan.	Binroshin	0.833 b	0.149 b	0.154 a	0.842 b	0.205 b	72.19 b	1.442 a
	July	Kaohsiung No. 1	0.830 c	0.158 a	0.153 a	0.851 a	0.202 c	75.89 a	1.440 a
	July	Binroshin	0.836 a	0.150 b	0.152 a	0.842 b	0.205 b	74.29 a	1.432 a

[z] Definition of symbols same as in Fig. 2.

[y] Within columns for each leaf growing stage, means followed by the same letter(s) are not significantly different based on Fisher's protected LSD at $P<0.05$.

時葉片形狀仍維持不變，除非葉片枯萎捲曲，葉形才有明顯變化。而若非如同本試驗自種植後即開始標記葉位，一般在田間栽培時是不可能分辨出實際的葉位，因此，進而分別就葉片剛展開日、葉面積最大時及葉片開始枯黃時之不同生長狀態下，以所有植株所有葉位之性狀觀測值視爲重複（相當於在特定葉片生長階段時對所有試驗材料的葉片進行取樣），來比較 6 個葉形指標及最大長寬比例之傳統指標在不同品種和期作間的差異性，結果示如表 3。

芋葉的兩個葉基大小其實並不一致，此可由表 3 之差異性分析結果獲知：兩品種的左葉基大小相當（$L_{B(L)}/L_X$ 在兩品種間無顯著差異），但高雄一號的右葉基尖端與 W_S 垂直之距離對最大葉長的比例（$L_{B(R)}/L_X$)顯著大於檳榔心芋。因此從芋葉外觀來看，於是突顯出高雄一號的右葉基稍大於左葉基，而檳榔心芋則是左大於右。同時這種存在於品種間的兩葉基之不對稱性，並不會因葉位、生長時間、期作而異。無論是葉片剛展開時、葉面積最大時或葉片開始枯黃時，高雄一號在一月種植期的葉裂凹點至葉尖之長對最大葉長之比例（L_{SA}/L_X）似乎都較其他品種或期作所得結果稍低（表 3）。

通過葉裂凹點並與 L_{SA} 垂直之葉寬對最大葉寬之比例（W_S/W_X）的生長曲線除了檳榔心芋在一月種植期有明顯不同外，高雄一號在兩期作間的 W_S/W_X 生長曲線並無太大差異，且與檳榔心芋之七月種植期結果相似，即各葉位隨生長無太大變化（圖 7）。檳榔心芋在一月種植期環境下之植株生長初期，通過葉裂凹點並與 L_{SA} 垂直之葉寬對最大葉寬之的比例值較低，而後逐漸升高，但到植株生長後期，該比例值又變低（圖 7）。因此導致葉片在剛展開和開始枯黃時，檳榔心芋在一月種植期的通過葉裂凹點並與 L_{SA} 垂直之葉寬對最大葉寬之比例值顯得略高，但在葉面積最大時該比例與其他期作或品種間便無明顯差異（表 3）。

葉裂凹點至葉柄銜接點之長對最大葉長之比例（L_{SP}/L_X）的生長變化，兩品種間一致但在不同期作間有明顯差異：在一月種植期下，兩品種皆以第 1 片葉的葉柄銜接點離葉裂凹點最遠（L_{SP}/L_X 值最大），第 2~18 片葉之間則均保持固定距離，之後（約在種植後第 180 天）兩點間便逐漸接近；兩品種在七月種植期下，自種植後隨著植株生長，葉柄銜接點與葉裂凹點間的距離便逐漸拉近，到第 7 葉起（種植後約第 60 天）兩點間距離又逐漸遠離，到第 13 片葉（種植後約 120 天）起保持固定距離，然後第 23、24 葉（種植後約第 210 天）起又稍近（圖 8）。無論是葉片剛展開時、葉面積最大時或葉片開始枯黃時，高雄一號在一月種植期的葉裂凹點至葉柄銜接點之長對最大葉長之比例似乎都較其他品種或期作所得結果稍高（表 3）。

葉裂角度（A_S）的生長變化在兩品種間一致，但在不同期作間有明顯差異：一月種植期下，兩品種皆以第 13 片葉（種植後約 120 天）之前的葉裂角度較大，而後則變小；七月種植期下，葉裂角度的表現相當穩定，並不因葉位、品種而異（圖 9）。無論是葉片剛展開時、葉面積最大時或葉片開始枯黃時，兩品種的葉裂角度均以七月種植期較一月種植期爲大，且以高雄一號在一月種植期的葉裂角度最小（表 3）。

至於傳統上常用爲簡單葉形指標的的最大葉長對最大葉寬比例（L_X/W_X），兩品種在兩期作都呈現一致的生長曲線：隨著植株生長，該比例值隨著葉位次序有逐漸緩慢增加的趨勢（圖10）。同時芋葉在剛展開時該比例值較不穩定且較高於其他生長階段，之後便趨於穩定（圖10）。同一生長階段（混合不同葉位）內兩品種在不同期作間之 L_X/W_X 均無顯著差異（表 3）。

球莖產量在品種及期作間之差異比較

水芋植株於收穫時各部位鮮、乾重及其佔全株之比例在期作與品種間均無顯著交感存在。一月種植期的葉片及葉柄鮮乾重及其佔全株之比例均極顯著小於七月種植期，但其球莖鮮乾重及其佔全株之比例則極顯著較大（表 4）。七月種植期下，兩品種各部位的鮮乾重均無顯著差異；一月種植期下高雄一號的球莖鮮乾重略高於檳榔心芋，而葉片鮮乾重則兩品種間無顯著差異；但若由各部位鮮乾重佔全株比例值來看，同一期作兩品種間均無顯著差異（表 4）。由此看來，期作間氣候差異變化對水芋收穫產量之影響最鉅。

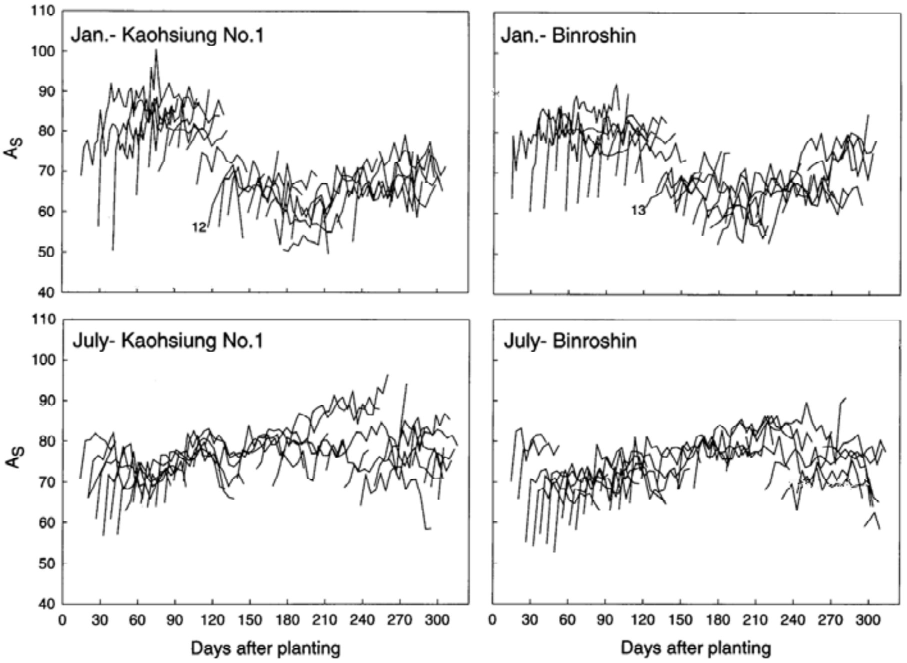


圖 9. 不同種植期及品種對水芋各葉位之葉裂角度（A_S）的生長變化影響。(各曲線代表不同葉位之生長；圖中數字指向特定的葉位曲線)

Fig. 9. Effects of planting times and varieties on the changes in angle of the sinus（A_S）for individual taro leaves at various leaf position during the growing period.（each curve for different leaf position; numbers in the figure indicate the specific leaf positions）

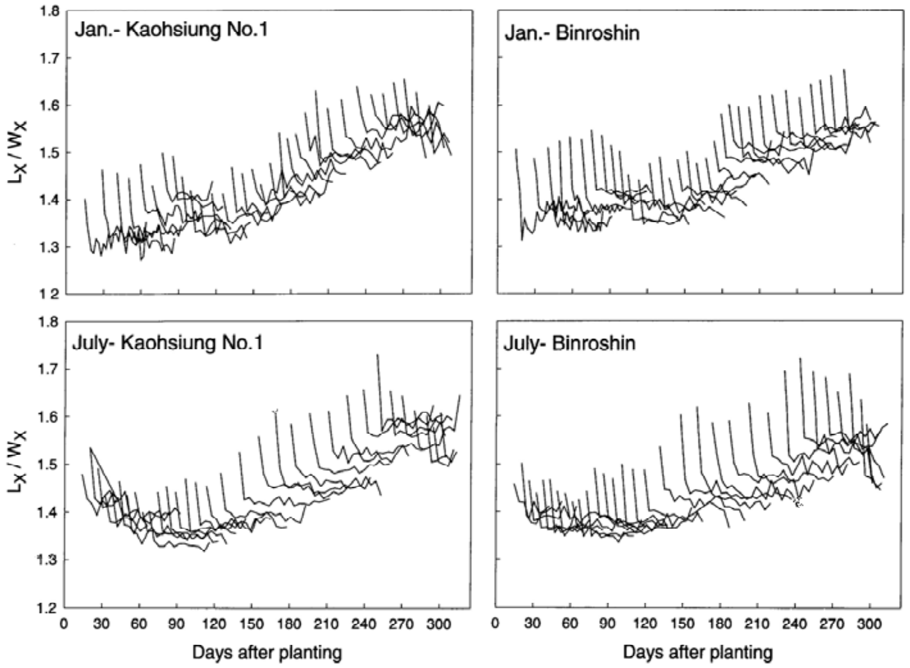


圖 10. 不同種植期及品種對水芋各葉位之最大葉長（L_X）對最大葉寬（W_X）之比例的生長變化影響。(各曲線代表不同葉位之生長)

Fig. 10. Effects of planting times and varieties on the changes in ratio of maximum leaf length（L_X）to maximum leaf width（W_X）for individual taro leaves at various leaf position during the growing period.（each curve for

表 4. 水芋植株於收穫時各部位鮮花重及其佔全株之比例在品種及種植期間之差異比較

Table 4. Harvested matter weight and its partitioning ratio(%) for different fractions of wetland taro varieties under different planting times

Planting month	Variety	Fresh weight(g)			Dry weight(g)			Partitioning ratio of fresh weight(%)			Partitioning ratio of dry weight(%)		
		Leaf	Petiole	Corm	Leaf	Petiole	Corm	Leaf	Petiole	Corm	Leaf	Petiole	Corm
Jan.	Kaohsiung No. 1	37.3b[z]	102.3b	1274a	6.2b	8.8b	441a	2.63b	7.18b	90.19a	1.36b	1.92b	96.72a
Jan.	Binroshin	28.8b	74.8b	1103b	4.9b	6.3b	380b	2.42b	6.21b	91.37a	1.30b	1.64b	97.06a
July	Kaohsiung No. 1	98.8a	377.8a	581c	17.5a	34.1a	211c	9.60a	36.25a	54.15b	6.94a	13.33a	79.73b
July	Binroshin	98.0a	351.2a	548c	17.8a	31.2a	203c	9.90a	35.32a	54.78b	7.14a	12.50a	80.34b

[z] Within columns, means followed by the same letter are not significantly different based on Fisher's protected LSD at $P<0.05$.

討　論

傳統上使用長對寬之比例作爲葉形指標有兩個主要理由(30)：一爲直覺上比例是一種可以將大小差異標準化的方式，例如無論葉長爲 1 公分或 1 公尺，長寬比同爲 3 的葉片具有類似的形狀；二爲比例易於計算且僅需一對測量值。但對於比例作爲葉形指標的爭論一直存在(30)，如 Atchley（1978）(11)及 Atchley 等（1978）(12)指出比例的分布並非常態，較原始變數呈右偏尖峰，此造成信賴區間難以評估；再者，比例無法標準化大小，比例與大小兩變數間往往存在相當高的相關(30)。於是針對相對生長的特性，有些學者認爲以兩性狀間的迴歸分析所得的迴歸係數作爲指標，其分析結果與比例相較，更適於發育路徑的比較(14,26,39)。但比例的描述及直覺性用途在分類工作上仍有其定位，只不過應避免作爲分類界定的數量方法(30)。芋的葉片呈楯形或心臟形，因此在描述芋葉形狀時，不單是特定的長寬比例，葉基大小、葉裂深淺及葉柄銜接點的位置，也可能是左右芋葉形狀的重要因素之一。而此由本研究的主成份分析結果獲得印證，從各種可能葉形度量性狀中並可以將其簡化爲 6 個葉形指標，亦即決定了葉裂凹點、葉柄銜接點、兩葉基尖端各至葉尖的相對位置，和兩葉基弧長的轉折點，再加上葉裂角度，便能充分描述及掌握芋葉的形狀特徵。

綜觀圖 3~10 和表 3 之分析結果，各葉位的芋葉在剛展開時均較展開後期面積較小、狹長（L_X/W_X 較大）、葉裂凹陷較深（L_{SP}/L_X 較小）、葉裂角度（A_S）也較小（根據目視觀察所得，此時的葉片較薄，具薄層角質層），隨後葉片的大小及形狀便趨於穩定（葉片變厚且具厚層角質層），直到葉片開始枯黃時葉片大小及形狀仍維持不變，但很快地在 2~3 天內葉片漸枯萎，由於葉緣嚴重捲曲，葉形才有明顯變化，面積也縮小。因此，在判別期作及品種間的葉形大小及形狀之差異性時，取正常且完全展開的葉片來作比較，會比較理想。左右兩葉基間大小上的差異，似乎可以作爲利用葉形區分品種的一個參考：高雄一號右葉基稍大於左葉基，而檳榔心芋則左大於右。期作間氣候差異對芋之葉形的影響，僅在於葉裂角度和葉裂凹點至葉柄銜接點之長對最大葉長之比例，故若僅簡單地從最大葉長對最大葉寬比例之傳統葉形指標來看芋的葉形，由於其不因期作和品種而異，就看不出芋葉形狀眞正些微的差異了。固然，一般認爲植物結構大小的改變主要反映出環境條件的變異，而植物形狀之變化則偏向於與環境無關，而較屬遺傳性的。但葉形變異發生在每一層級：個體、族群、類屬內及其之間，在某些類別，發育過程中相對環境條件下能促發葉形產生明顯可辨的外表型差異(18)。亦即外在環境的差異變化，對一些較敏感的作物而言，仍有可能影響其葉片長度或寬度之伸長。由於長、寬伸長程度上的差異，造成長寬之比例的改變，便形成某些葉形特徵的變化，進而影響葉片表面積的擴展，如本研究芋葉的葉裂角度和葉裂凹點至葉柄銜接點之長對最大葉長之比例的生長型式受期作氣候差異之影響而異。其中以高雄一號在一月種植期的葉裂凹點至葉尖之長對最大葉長之比例（L_{SA}/L_X）較低、葉裂凹

點至葉柄銜接點之長對最大葉長之比例（L_{SP}/L_X）較高，且葉裂角度（A_S）也較小（圖4,8,9及表3），表示高雄一號在一月種植期生長環境下葉片形狀相對地較七月種植期之表現有些不同，其葉裂較深，且葉柄銜接點的位置似乎較偏向葉片中央。而檳榔心芋在一月種植期的葉裂角度較小於七月種植期，但葉柄銜接點的位置則沒有明顯差異（表 3）。顯然，葉裂角度存在有遺傳與環境之交感作用。而Dickinson 等（1987）[17]亦指出，個體內發生葉形變異可能也與環境無關，而是正常發育形式的一部分，像是莖上葉位次序間最爲明顯，因此造成植株幼葉和成葉之間在葉片形態上明顯差異[25]，Goebel（1900）[21]以異胚胎性（heteroblasty）來描述這種差異現象。因此，本研究芋之各葉位在剛展開時較其他生長階段之葉形有明顯差異，應是芋作物正常發育形式的一部分，與環境無關。

芋收穫爲球莖，球莖的生長於植株生育初期即已開始，此與一般禾穀類作物不同。當球莖開始形成，球莖和地上部頂端的新葉就變成積儲，且兩者在整個生育期中佔有相當長的時間，而地上部可行光合作用的葉片及葉柄即變成供源。如果供源無法充份分配供給時，則球莖與新葉之間發生相互競爭光合產物。所以在根莖作物生長中供源與積儲的關係較禾穀類複雜[1]。故欲獲得高產，必須在植株生長前期有較大的葉面積以供光合作用，中後期保持葉片不衰敗，以延長光合作用時間，爲球莖膨大提供更多的養分。Miyazaki （1960）[28]調查芋的葉同化量，以第7～8片到10～12片的葉位爲最大，第12～14葉以上同化量顯著下降。本省中部地區水芋栽培，由於氣候上之差異，一月適栽期亦以生長到第11～12片葉時的葉面積達到最大，之後則快速降低，使葉片大小的生長曲線呈現一明顯高峰，但倘於七月種植則無明顯高峰，且第4~23片葉的葉面積都甚小於一月種植期（圖3），故葉同化量不如一月種植期，致球莖產量降低（表4）。在一月種植期下，高雄一號第4~23片葉的葉片面積伸展也稍大於檳榔心芋（圖3），因此高雄一號的球莖鮮乾重略高於檳榔心芋（表4）。由此可知，在地上部生長旺盛期芋葉若能保持較大的葉面積，當能獲得較高的球莖產量。而高雄一號在一月種植期的葉裂凹點至葉尖之長對最大葉長之比例（L_{SA}/L_X）較低，但葉裂凹點至葉柄銜接點之長對最大葉長之比例（L_{SP}/L_X）較高（圖4,8及表3），此顯示出高雄一號在一月種植期的葉面積優勢，應是其葉裂凹點至葉柄銜接點之長度延伸較快所致。

就數値分類學而言，客觀的相似性評估必須利用性狀的準確數據描述始能獲得。葉面積測定一般採用葉面積測量儀，因爲此法既簡便又精確，唯須將葉片剪下測定，不能觀察到葉片連續生長的變化情形，爲其缺點。利用數位影像系統，以數位相機及影像測量軟體的搭配，不但可以永久保存葉片影像，並可提供非破壞性取樣、自動化、簡便快速、精確度高且可一再重複使用的葉片測定方法，此將取代過去之葉面積測量儀、印畫法、影像投射法或數位顯示板法等，對往後進行任何作物之葉形定量分析及分類工作均很有幫助。

誌 謝

本研究承蒙行政院國家科學委員會補助經費（NSC88-2313-B-055-009, NSC89-2313-B-055-002, NSC89-2313-B-055-009），特此誌謝。

引用文獻

1.朱德民。1988。作物生產過程。國立中興大學教務處出版組印。第101-116頁。
2.呂秀英、陳烈夫、呂椿棠、賴吉雄。1995。以Richards函數建立水芋之生長模式。 中華農學會報 171:22-34。
3.高景輝、湯文通。1977。植物生長與分化。國立臺灣大學農學院印行。第142-149頁。
4.陳美惠。1987。菸草葉片性狀間相對生長之研究。國立台灣大學農藝學研究所碩士論文。
5.陳烈夫、呂椿棠、呂秀英、賴吉雄。1993。水田栽培檳榔心芋葉面積之簡易估算法。中華農業研究 42:162-172。

6.陳烈夫、呂秀英、呂椿棠、賴吉雄。1994。水芋葉面積與乾物質生產之關係。中華農業研究 44:59-71。

7.陳烈夫、呂椿棠、呂秀英。1997。水芋葉面積指數動態的季節性變異。中華農業研究 46:262-277。

8.鄔宏潘、陳美惠。1988。葉面積與葉形的測定方法及其應用。科學農業 63（9-10）：272-281。

9.黃賢喜、陳東鐘、韓青梅。1989。芋品種「高雄一號」之育成。臺灣省高雄區農業改良場研究彙報 2：52-71。

10.雜糧作物各論。III、根及莖類。1994。臺灣省雜糧發展基金會成立二十週年紀念專輯之一。第 1665-1735 頁。

11.Atchley, W. R. 1978. Ratios, regression intercepts and the scaling of data. Syst. Zool. 27:78-83.

12.Atchley, W. R., and D. Anderson. 1978. Ratios and the statistical analysis of biological data. Syst. Zool. 27: 71-78.

13.Auld, B. A., M. D. Dennett, and J. Elston. 1978. The effect of temperature changes on the expansion of individual leaves of *Vicia faba* L. Ann. Bot. 42:877-888.

14.Bookstein, F. L. 1978. The measurement of biological shape and shape change. Lecture notes in Biomathematics, Vol. 24. pp191, Springer-Verlag, Berlin.

15.Causton, D. R. and J. C. Venus.1981. The Biometry of Plant Growth. Edward Arnold, London, 307p.

16.Deschamp, P. A. and T. J. Cooke. 1984. Causal mechanisms of leaf dimorphism in the aquatic angiosperm callitriche heterophylla. Amer. J. Bot. 71:319-329.

17.Dickinson, T. A., W. H. Parker, and R. E. Strauss. 1987. Another approach to leaf shape comparisons. Taxon 36: 1-20.

18.Dolph, G. E. 1978. A proposal for data banking leaf information. Courier Forsch. Inst. Senckenberg. 30:159-164.

19.Gates, D. M. 1980. Biophysical ecology. Springer-Verlag, Berlin, 611p.

20.Gill, J. A. and A. J. Davy. 1984. Variation due to environment and heredity in Birch transplanted between heath and bog. New. Phytol. 97:489-505.

21.Goebel, K. 1900. Organography of Plants. I. General Organography (English translation by I. B. Balfour). Reprinted by Hafner, New York, 270p.

22.Hill, R. S. 1980. A numerical taxonomic approach to the study of angiosperm leaves. Bot. Gaz. 141:213-229.

23.Hirai, M., T. Sato, and K. Takayanagi. 1989. Classification of Japanese cultivars of taro *(Colocasia esculenta)* （L.） Schott） based on electrophoretic pattern of the tuber proteins and morphological characters. Japan. J. Breed. 39:307-317.

24.Jacobs, B. C. and V. Chand. 1992. Large headsetts and improved cultivar enhance growth and development of taro (*Colocasia esculenta* [L.] Schott) during establishment. J. Agron. Crop Sci. 168:119-127.

25.Jones, C. S. 1995. Does shade prolong juvenile development? A morphological analysis of leaf shape changes in *Cucurbita argyrosperma* subsp. *Sororia* (Cucurbitaceae). Amer. J. Botany 82:346-359.

26.Maksymowych, R. 1973. Analysis of leaf development. Cambridge University Press, 109p.

27.Melville, R. 1937. The accurate definition of leaf shapes by rectangular coordinates. Ann. Bot. 14:673-679.

28.Miyazaki, Y. 1960. Seasonal changes of photosynthetic activity and physiological conditions in leaves of *Colocasia esculenta* Schott. J. Japanese Soc. Hort. Sci. 29:21-26.

29.Parkerhurst, D. F., P. R. Duncan, D. M. Gates, and F. Kreith. 1968. Windtunnel modelling of convection of heat between air and broad leaves of plants. Agric. Meteorol. 5:33-47.

30.Phillips, R. B. 1983. Shape characters in numerical taxonomy and problems with ratio. Taxon 32:535-544.

31.Richards, F. J. 1969. The quantitative analysis of growth. In Plant Physiology, VA. Ed. F. C. Steward. pp.1-76. Academic Press, London.

32.Renfroe, M. and R. W. Brown. 1983. Changes in cytokinin concentration during early development of American sycamore leaves. Can. J. Bot. 61:1931-1934.

33.Sanderson, J. B., T. B. Daynard, and M. Tollenaar. 1981. A mathematical model of the shape of corn leaves. Can. J. Plant Sci. 61:1009-1011.

34.SAS Institute Inc. 1989. SAS/STAT User's Guide. Version 6. Fourth ed., Vol. I. SAS Inst. Inc., Cary, N.C., USA. 943p.

35.Satou, T., M. Kawai and T. Fukuyama. 1978. Studies on matter production of taro plant (*Colocasia esculenta* Schott). Japan. J. Crop Sci. 47:425-430.

36.Satou, T., E. Miyauchi and H. Sugimoto. 1988. Studies on matter production of taro plant (*Colocasia esculenta* Schott). Japan. J. Crop Sci. 57:305-310.

37.SigmaPlot User's Manual. 1997. Jandel Scientific Cor., 463p.

38.SigmaScan & SigmaScan Pro User's Manual. 1995. Jandel Scientific Cor., 456p.

39.Sweet, S. S. 1980. Allometric inference in morphology. Amer. Zool. 20:643-652.

40.Tanimoto, T. 1990. Distribution and morphological characteristic of wild taro in Japan and Taiwan. Japan. J. Breed. 40:233-243.

41.Taylor, S. E., and D. M. Gates. 1970. Some field methods for obtaining meaningful leaf diffusion resistances and transpiration rates. Oecol. Plant 5:105-113.

42.Terry, N., L. J. Waldron, and S. E. Taylor. 1983. Environmental influence and leaf expansion. pp. 179-205. In J. E. Dale and F. L. Milthorpe. (ed.) The Growth and Functioning of Leaves. Cambridge, London.

43.Verwijst, T. and D.Z. Wen. 1996. Leaf allometry of *Salix viminalis* during the first growing season. Tree Physiology 16:655-660.

Seasonal Variation and Quantitative Analysis of Growth Patterns in Size and Shape for Taro Leaves [1]

Hsiu-Ying Lu[2,4], Meng-Li Wei[2], Chun-Tang Lu[2] and Lit-Fu Chan[3]

Summary

Productivity of corm is determined by the adequate growth of leaves in taro (*Colocasia esculenta* [L.] Schott). The development and growth of leaves vary with the environmental factors. The difference in rates of expansion of leaf surface can lead to the variation in leaf size and leaf shape. This study was to investigate the morphological changes occur in the taro leaves and examine the influence of climatic factors on the leaf size and leaf shape of taro during the growth periods. Binroshin taro and its improved cultivar "Kaohsiung No. 1" were used as materials. The experiments were conducted in two crop seasons at Taiwan Agricultural Research Institute. After leaf expanding, measurements were made every 2-4 days depending on the speed of plant development, until leaf is senescent and die. We used digit camera to capture images of the individual leaves and then used image measurement software to determine the image quantification. At harvest, fresh and dry matter weights for different fractions of each taro plant were measured. The principal components analysis showed the first component summarized size variation, while the second contrasted shapes. The shape component was determined by six indices together. Leaf shape of taro was appropriately described by determining the relative positions of the sinus base, the petiole-attaching point of leaf, the lobe tips to the apex, respectively, and the turning points of two lobe tips as well as the angle of sinus. The juvenile leaves were frequently narrower, longer and more lobed, but similar in their shape forms to mature leaves. The cultivar "Kaohsiung No. 1" had the greater right lobe, while Binroshin taro had the greater left lobe. Climatic factors influenced the leaf growth of taro. Rising temperature and higher solar radiation during the vigorous top-growth stage for January crop increased the rate of leaf expansion. This favored corm yield at maturity for January crop. On the other hand, declining temperature and lower solar radiation during the vigorous top-growth stage for July crop decreased the rate of leaf expansion. This resulted in poor yield at maturity. Planting times affected the growth patterns of the angle of sinus, and the ratio of length from the sinus base to the petiole-attaching point of leaf to maximum leaf length. The cultivar "Kaohsiung No. 1" grown in January had more rapid expansion in the ratio of length from the sinus base to the petiole-attaching point of leaf to maximum leaf length than that for the July crop and Binroshin taro. This resulted in greater leaf area, which in turn, favored corm yield at maturity.

Key words: Taro, Leaf size, Leaf shape, Principal components analysis, Image processing system, Climatic factor.

1.Contribution No.2112 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted by May10, 2002.

2.Senior Statistician, Assistant Agronomist and Assistant Agronomist, Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.

3.Assistant Agronomist, Office of Farm Management, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.

4.Corresponding author; E-mail: iying@wufeng.tari.gov.tw; Fax:(04)23302806.

中華農業研究(J. Agric. Res. China) 51(2):50~65(2002)

台灣與日本土壤有機質的分解聚積模擬與肥力維持[1]

陳琦玲[2,3] 連 深[2]

摘要：本報告之目的是以台灣三處與日本二處長期試驗資料，檢討不同環境及耕作制度下，連續施用一定量作物殘體或有機質肥料後，土壤中有機質的分解與累積的情形，並嘗試以一階反應方程式模擬之，以概括了解其長期趨勢，進而估算維持不同土壤有機質含量所需施用有機質肥料施用量。討論之台灣長期試驗資料包括台北每年二作水稻之48年試驗、屏東萬巒每年二作水稻和秋作大豆之14年試驗及台南善化每年二作或二作大豆之9年試驗等資料，日本長期試驗包括埼玉縣鴻巢市每年一作水稻之60年試驗和神奈川縣平塚市寺田村每年洋蔥-甘藍各一作之9年試驗。結果顯示，溫帶較熱帶、水田較旱田，可維持較高的土壤有機質含量。化學肥料之長期施用較無肥區可維持較高的土壤有機質含量，而綠肥之長期施用，雖能使土壤有機質含量稍高於化肥區，但比之堆肥區則效果甚小。欲藉有機質肥料之施用，以提高有機質含量，台灣環境顯然較日本環境困難，旱田又較水田難。利用台灣地區有機質肥料在土壤中分解快速之事實，農地可利用作爲無害有機廢棄物之處置場所，以達廢棄物減量之目的。但需按其分解特性，酌定合理施用量，以防二次污染。根據試驗與模擬分析結果，台北水田在無肥狀態下以每作水稻收穫之殘株及根(約1.4 Mg/ha/year)即可維持土壤有機質含量於3.5%水準，而欲使台北水田土壤有機質含量，由無肥區維持之3.5%提高至4.5%，每年需施用17 Mg/ha(鮮重)廄肥，達穩常狀態時(約需70年)，每年可釋出約180 kg/ha 氮量；在連用十年後，氮素礦化率即達85%，每年可釋出約150 kg/ha 氮量。善化旱田由1%提高到2%，每年需投入110 Mg/ha 蔗渣濾泥堆肥(鮮重)，穩常狀態時(約需30年)可釋出約740 kg/ha 氮量；在連用五年後，其礦化率已達90%，每年可釋出670 kg/ha 氮量，因此長期施用，恐有污染之虞。

關鍵詞：土壤有機質、分解、模擬。

前　　言

土壤有機質長久以來均被認爲是植物養分之貯藏庫，並且是土壤結構穩定性重要影響因子[(9)]。有機質在土壤中的分解與累積爲一微生物作用之動態過程，其分解速率依施用之作物殘體或施用之有機質肥料及氣象形態與土壤環境而異。在固定的耕作制度下，維持固定有機殘質施用量，則土壤有機質會在其土壤環境中達到平衡，使其含量趨於穩定。但當周圍環境有重要的改變時，如作物耕作系統、土壤通氣或排水狀態改變時，土壤有機質含量又會逐漸改變，而達另一穩常狀態[(34)]。

1.行政院農業委員會農業試驗所研究報告2113號。接受日期：91年5月6日。
2.本所農化組助理研究員、前農化系研究員兼系主任。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
3.通訊作者，電子郵件：chiling@wufeng.tari.gov.tw；傳眞機：(04)23302805

有關有機殘質在土壤中之分解模式的研究很多，一階動力反應方程式常被用來計算作物殘體分解速率與土壤有機質達穩常狀態之含量[20,28,32,33]。然而有機質是以多種形態存在於土壤中，各形態之分解速率相差甚多，故多數模式以多組成份多步驟之動力學模式模擬之，如 Jenkinson and Rayner（1977）以一將土壤有機質分為 5 個部分的動力學模式，來模擬英國 Rothamsted 試驗農場 130 年的土壤有機質轉化現象。Hunt（1977）亦以一偏重微生物活性動力學模式，模擬草原有機質之分解。Van Veen and Paul（1981）則模擬加拿大土壤有機質分解與累積。Lin 等（1987）則根據上述三個模式理論，綜合整理成另一土壤有機質轉化模式，並進行在不同土壤特性與環境下之土壤培育試驗的土壤有機質轉化模擬。複雜的有機質分解模式，雖然更能描述有機質在土壤中的分解機制，但是參數的鑑定相當困難，而且本研究所探討的試驗都是長期試驗，可掌握有機質的分解趨勢，因此乃採用只有一個分解速率常數的單變數模式，來進行長期的有機質轉化趨勢模擬。

台灣地處於亞熱帶及熱帶，土壤有機質分解速率度較溫帶及寒帶為快，不易維持土壤有機質在高的含量。因此如何在熱帶地區增加土壤有機質含量顯得非常重要，但亦較困難。然而盲目使用大量的有機質肥料則可能造成環境污染問題。

本報告之目的為比較台灣地區與日本共五處長期試驗中，作物殘體與有機質肥料在土壤中分解與累積情形，並以一階方程式模擬之，以概括了解其長期趨勢，進而估算維持不同土壤有機質含量所需要的有機質施用量。

材料與方法

長期試驗地點與肥料處理說明

本報告檢討之台灣地區長期試驗，包括台北市農業試驗所每年二期作水稻之水田 48 年（1924-1972 年）長期試驗[1,3]、屏東縣萬巒鄉萬金村水稻-水稻-大豆輪作田 14 年（1974-1988 年）試驗（羅與蘇，未發表）及台南縣善化鎮亞蔬農場每年三期作大豆田 9 年（1984-1992 年）試驗等三處試驗[13,15]，並以日本埼玉縣（Saitama）鴻巢市（Konosu）農事試驗場每年一期作水稻之水田 60 年（1926-1985 年）長期試驗[30,35,36]、神奈川縣（Kanagawa）平塚市（Hiratsuka）寺田村農業綜合研究所洋蔥和甘藍蔬菜田 9 年（1978-1987 年）試驗[40,41]等二處試驗資料，作為不同地區氣象形態、土壤作物制度及不同有機質肥料施用下，土壤有機質分解與累積之比較。各試驗區附近氣象站歷年的溫度與雨量資料列於表 1 與圖 1、2。日本二處試驗區均有溫度記錄，雨量資料則採用東京歷年平均資料。各試驗區之土壤特性如表 2。不同肥料處理之每年的作物殘體及有機質肥料施用量列於表 3。

台北農試所 1924-1972 年間水稻的同種肥料連用試驗，共設 12 個處理，每一處理二重覆，本報告僅檢討其中無肥區、化肥區、綠肥區與廄肥－過磷酸鈣區（以下簡稱廄肥區）等處理。水稻品種包括

表 1. 各試驗區氣象資料

Table 1. Weather data of the various experimental locations

		Weather data		
Location	Weather station	Years	Ann. mean temp^z(℃)	Ann. mean rain (㎜)
Taipei	Taipei	1931-1960	22.1	2100
Wanluan, Pingtung	Neipu	1985-1990	24.0	2615
Shanhua, Tainan	Yungkang	1950-1974	23.7	1579
Saitama, Japan	Konosu	1975-1976	15.1	
	Tokyo	1901-1945	15.3	1461
Kanagawa, Japan	Hiratsuka	1989	16.3*	
	Tokyo	1901-1945	15.3	1461

^{z} annotated "*" is soil temperature, the rest are air temperature.

表 2. 各試驗區土壤特性

Table 2. Soil properties of the various experimental locations

Location	Soil properties (surface soil)				
	Soil groups	Texture	Drainage	pH	Bulk density (Mg/M^3)
Taipei, Taiwan	Sandstone and shale younger alluvial soils	L	Poorly	5.1	1.2
Wanluan, Pingtung, Taiwan	Slate older alluvial soils	SiL	Imperfectly	4.7	1.3
Shanhua, Tainan, Taiwan	Sandstone and shale younger alluvial soils with lime concretions	SiL	Moderately well	7.0	1.5
Konosu, Saitama, Japan	Fine textured gray lowland soils	SC-CL		5.8	0.9-1.1
Hiratsuka, Kanagawa, Japan	Gray lowland soil	SCL		5.5-6.8	1.1-1.2

表 3. 各試驗區不同處理之作物殘體／有機質肥料施用量與其估計分解速率常數

Table 3. Rates of crop residues／organic manure applied in the various experimental plots and sites and the rate constants of organic matter decomposition estimated

Location	Years	Crop System	Trt[z]	Crop residue/ Organic manure	Rate applied matter[y]	C (Mg/ha/yr)	Decomposition rate constant (K, yr^{-1})	SOCeq[x](%)
Taipei, Taiwan	1924-1972	Rice-rice	NoF	Rice stubble & root	1.4	0.6	0.0158	2.2
			IF	Rice stubble & root	2.6	1.0	0.0229	2.4
			GM	Rice stubble & root	2.6	1.0	0.0805	2.5
				Green manure (soybean)	31.6*	2.5		
			OF	Rice stubble & root	2.7	1.1	0.0795	2.8
				Farm yard manure	18.2*	2.8		
Wanluan, Pingtung, Taiwan	1974-1988	Rice-rice -soybean	IF	Rice stubble & root	5.8	2.3	0.06	2.0
			IF+res.	Root	4	1.6	0.115	2.1
				Rice straw	6-8*	2.2-2.9		
				Soybean residue	0-2*	0-0.7		
Shanhua, Tainan, Taiwan	1984-1992	Soybean -soybean -soybean	IF	Root	0.7-1.3	0.3-0.5	0.5-0.059	0.4
				Crop residue	21.5-0	8.6-0		
				Agasse-filter cake compost	20-0*	1.5-0		
			IF+OF	Root	0.7-1.3	0.3-0.5	0.18	1.9
				Crop residue	21.5-0	8.6-0		
				Bagasse-filter cake Compost	150-20*	8.8-1.5		
Konosu, Saitama, Japan	1926-1985	Rice	NoF	Rice stubble & root	1.0	0.4	0.013	2.2
			IF	Rice stubble & root	2.0	0.8	0.018	3.0
			GM	Rice stubble & root	2.0	0.8	0.054	3.1
				Chinese milk vetch	23*	1.8		
			OF	Rice stubble & root	2.1	0.8	0.03	4.2
				Straw compost	12*	1		
Hiratsuka, Kanagawa, Japan	1978-1987	Onion -cabbage	IF	Root	1.0	0.4	0.028	0.8
			IF+OF	Root	1.0	0.4	0.15	1.7
				Cow dung compost	4.0*	4.1		
			OF	Root	1.0	0.4	0.21	5.6
				Cow dung compost	218-184*	22.3-18.8		

[z] Trt: treatment, NoF: no fertilizer, IF: inorganic fertilizer, GM: green manure, OF: organic fertilizer.

[y] Annotated '*' are based on fresh weight, while the rest are based on dry weight.

[x] $SOC_{(eq)}$: estimated soil organic carbon content at steady status.

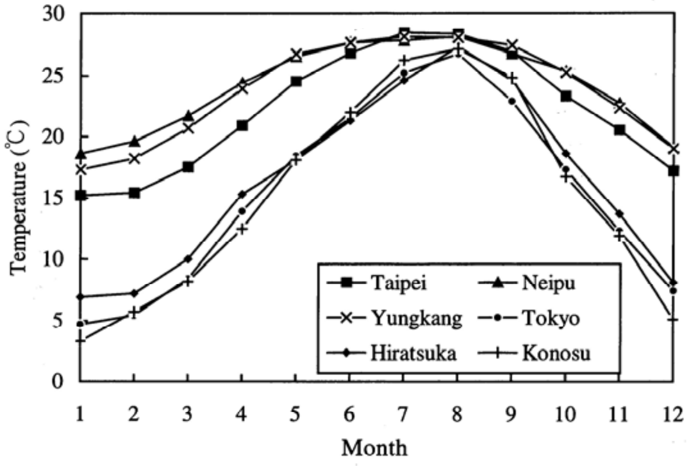


圖 1. 各試驗區歷年的月平均溫度。

Fig 1. Monthly mean temperature of the various experiment locations.

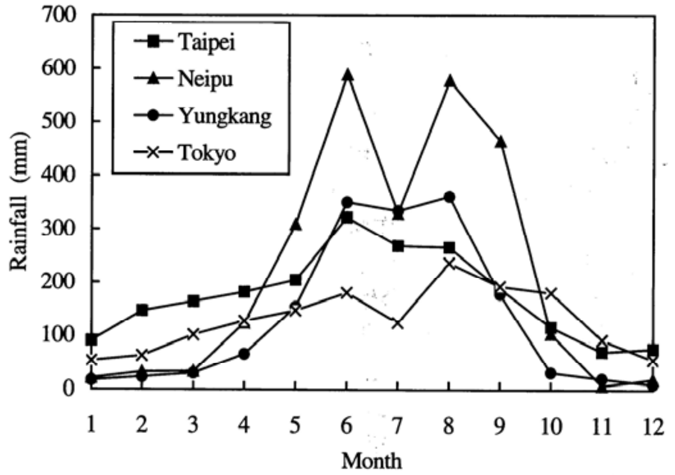


圖 2. 各試驗區歷年的月平均雨量。

Fig 2. Monthly mean rainfall of the various experiment locations.

在來種和蓬萊種，在來種係於 1924 年開始試驗，第一期作用短廣花螺，第二期作用短腳尖，而蓬萊種則於 1926 年開始試驗，第一、二期作均用台中 65 號。本報告僅針對在來種資料進行檢討與土壤有機碳模擬。各處理小區面積 1930 年前爲 33 m²，1931 年起爲 13.2 m²，但 1941 年記錄上爲 16.5 m²。長期試驗中除了 1943 年和 1944 年因故中止，改種甘藷外，其餘各年度每一期作之化肥、綠肥、廄肥區均施用 95 kg/ha 氮素之肥料。從 1924 至 1972 年一期作共 93 期作，施用 8835 kg/ha 氮素。各期作化肥區乃施用 451 kg/ha 硫酸銨，綠肥區則施用 15.78 Mg/ha 青皮豆（含氮 0.6%），假設青皮豆含水分 80%，

而乾物質含碳 40%[6]，則每期作約施用 1.26 Mg/ha 碳量。廄肥區則施用 9.1 Mg/ha 之新鮮廄肥，其中含氮 1.04%，C/N=15，估計每期作約施用 1.42 Mg/ha 碳量。根據文獻上之記錄，無肥區、化肥區、綠肥區與廄肥區 1924-1971 年再來種一期作稻穀平均產量分別為 1557，2797，2806，3052 kg/ha，二期作為 1697，2307，2333，2648 kg/ha，1924-1946 年一期作稻蒿平均產量 1049，2743，2645，2394 kg/ha，二期作為 1883，3134，2927，3337 kg/ha。各處理區之水稻殘體的估算乃引用曾（1981）所得之單位面積的根乾重約為稻穀產量之 0.33-0.37 的結果，以稻穀產量之 1/3 來估算水稻殘留於土壤之根乾重。水稻斷株乾重則以稻蒿乾重之 1/6 估算，則無肥區、化肥區、綠肥區、廄肥區各處理每年由水稻殘體提供之碳量分別為 0.6，1.0，1.0，1.1 Mg/ha。試驗中之土壤有機碳分析，僅於 1946 年冬季二期作水稻收割後[3]，及 1972 年一期作水稻收割後[1]，採樣分析。後者文獻[1]上記錄之各處理區土壤有機碳含量乃為在來種與蓬萊種相同處理區之平均值。土壤有機碳分析都是採用溼分解氧化法，張等（1947）未摘錄引用分析方法文獻，林等（1973）乃引用（Allison, 1965）。本報告土壤有機碳之模擬起始點乃以 1946 年無肥區之有機碳含量代之。

屏東縣萬巒鄉萬金村水稻－水稻－大豆輪作制度，係始於 1974 年二期作水稻至 1988 年一期作水稻。水稻品種為台南 5 號，大豆為高雄 3 號。原試驗目的為探討在水稻－水稻－大豆輪作制度下，長期施用石灰與作物殘體對土壤肥力改良與作物增產之效果。試驗設計乃採裂區設計，以石灰石粉處理（0，2，4 Mg/ha）為主區，氮肥（標準氮區與少氮區）及有機殘體組合處理為副區。每處理小區面積 5*4 m²。標準氮區 1974-1979 年水稻施氮量為 110 kg/ha，1980 年以後改為 90 kg/ha，少氮區 1974-1979 年為 90 kg/ha，1980 年以後改為 70 kg/ha；大豆施氮量為 100 kg/ha，施用之氮肥為硫酸錏（21%N）。作物殘體處理係秋作大豆及一期作水稻殘體犁入土中，而二期作水稻殘體則作為秋作大豆不整地栽培覆蓋之用，作物殘體施用量為二期作水稻整地前稻蒿量，1974-1976 年為 2 Mg/ha，1977 年以後改用 4 Mg/ha，秋作大豆以前作稻蒿 4 Mg/ha 作為覆蓋，一期作水稻以前作大豆豆桿 2 Mg/ha 犁入土中。假設作物殘體含水 10%，乾物質含碳 40%，而作為大豆覆蓋用之稻蒿只有 2/3 的施用量混入土壤中，則 1974-1976 年每年估計共施用 2.64 Mg/ha 碳量，1977 年後則施用 3.12 Mg/ha 碳量。化肥＋作物殘體區與化肥區各期作水稻根殘留量之估算與台北試驗者相同，1974-1987 一期作水稻產量化肥區為 4386 kg/ha，化肥＋作物殘體區為 4470 kg/ha，1975-1988 二期作水稻產量化肥區為 6650 kg/ha，化肥＋作物殘體區為 6678 kg/ha，故估計無論化肥區或化肥＋作物殘體區一、二期作殘留根部約提供 1.5Mg/ha 碳量。1974-1987 年化肥區與化肥＋作物殘體區之大豆平均產量分別為 2026 與 2416 kg/ha，大豆殘留根量則假設為 0.26 Mg/ha 乾重[14]，而含碳 40%，故殘留 0.1 Mg/ha 碳量。化肥區之水稻斷株之估算，因文獻上沒有稻蒿產量，故以稻穀產量之 1/6 估算。每年約提供 0.7 Mg/ha 之碳量。土壤有機質測定乃於各期作收穫時於各試區採樣測定之，亦以溼分解氧化法測定之。本報告化肥區與作物殘體區之土壤有機質含量乃為各氮肥處理石灰石粉處理變級之平均值。

台南大豆連作田試驗始於 1984 年春作至 1993 年春作，每年二作或三作大豆，處理分為化肥區和化肥＋蔗渣濾泥堆肥區，但 1984 年秋作化肥區和化肥＋蔗渣濾泥堆肥區一樣均施 20 Mg/ha 蔗渣濾泥堆肥。每處理小區 20 m²。1984 年秋作至 1986 年春作間兩種處理均混入大豆殘體，1984 年秋作至 1986 年秋作另用稻草敷蓋，各期作施用量如表 4。稻草含水量約 10%，並假設只有 2/3 的施用量混入土壤中，無論稻草或大豆殘體均假設其乾物含 40%碳。稻草實測含氮量約 1.16-1.18%，大豆殘體約為 1.3-1.4%。化肥＋蔗渣濾泥堆肥區各期作之施用量和施用總碳量如表 5，施用時蔗渣濾泥堆肥之含水量約介於 35-65%，乾物含碳量約介於 6.5-12.5%，平均 8.7%；乾物含氮量介於 0.8-1.6%，平均 1.11%，C/N 值介於 4.7-12.3 之間。根據 1983-1989 年調查結果，春作之大豆平均生產總乾重為 8.8 Mg/ha，根平均乾重為 0.41 Mg/ha[15]，秋作之平均生產總乾重為 6.7 Mg/ha，根平均乾重為 0.26 Mg/ha，1986 和 1987 年夏作之平均總乾重為 12.0 Mg/ha，根平均乾重 0.64 Mg/ha，假設根乾物中含碳 40%，則春、夏、秋作殘留於土中之根部分，約提供 0.16，0.26，0.1 Mg/ha 碳量。

表 4. 南善化大豆長期試驗中施用化學肥料處理區各期作前作作物殘體回歸量、蔗渣濾泥堆肥與化學肥料施用量 [z]

Table 4. Application rates of crop residue and inorganic fertilizer of inorganic fertilizer treatment on soybean field for long-term experiment in Shanhua, Tainan[z]

		Soybean residue				Mulch			Bagasse-filter cake[x]			IFR[w]
		Root(kg/ha)		Residue(kg/ha)		Straw(kg/ha)[y]			Fresh matter	C	N	N
Year	Crop	C	N	C	N	Fresh matter	C	N	(Mg/ha)	(kg/ha)	(kg/ha)	(kg/ha)
1984	Spring	100	1.8						0			40
1984	Summer	160	2.8						-			-
1984	Autumn	-	-	1600	54	5000	1200	36	20	1485	189	40
1985	Spring	100	1.8	1100	37	5000	1200	36	0			100
1985	Summer	160	2.8	2200	74	10000	2400	72	-			-
1985	Autumn	-	-	-	-	-	-	-	0			100
1986	Spring	100	1.8	1400	47	10000	2400	72	0			150
1986	Summer	160	2.8			10000	2400	72	0			120
1986	Autumn	260	4.6			10000	2400	72	0			120
1987	Spring	100	1.8						0			120
1987	Summer	160	2.8						0			120
1987	Autumn	260	4.6						0			120
1988	Spring	100	1.8						0			120
1988	Summer	160	2.8						-			-
1988	Autumn	-	-						0			120
1989	Spring	100	1.8						0			120
1989	Summer	160	2.8						0			120
1989	Autumn	260	4.6						0			120
1990	Spring	100	1.8						0			120
1990	Summer	160	2.8						0			120
1990	Autumn	260	4.6						0			120
1991	Spring	100	1.8						0			120
1991	Summer	160	2.8						-			-
1991	Autumn	-	-						0			120
1992	Spring	100	1.8						0			120
1992	Summer	160	2.8						-			-
1992	Autumn	-	-						0			120

[z] Source from AVRDC, 1990(12)；AVRDC, 1993(14).

[y] To estimate the C content of rice straw mulch at the time of incorporation, the following were assumed:10% moisture content and 40% C based on dry weight, of which one third was lost during the season before incorporation.

[x] The moisture, C and N content based on dry weight of bagasse-filter cake compost were:35-65%, 6.5-12.5% and 0.8-1.6%, respectively.

[w] IFR: rate of applied inorganic fertilizer.

日本埼玉縣鴻巣市 1926-1985 年每年一作水稻試驗，共有無肥區、化肥區、綠肥區與稻草堆肥區等四種處理。化肥區施用 500 kg/ha 硫酸銨，含氮 105 kg/ha。綠肥區每年施用 23 Mg/ha 紫雲英，約含氮 110 kg/ha，假設其含水量 80%(6)，乾物含碳 40%，則每年施加 1.8 Mg/ha 碳量。堆肥區則施加 12 Mg/ha 之稻草堆肥，約含 1 Mg/ha 碳量。另施加 600 kg/ha 之大豆粕，其因分解甚速，故以化學肥料視之，未計入施用總碳量計算。每一作約施 103 kg/ha 氮量。試驗 60 年間無肥區、化肥區、綠肥區與堆肥區稻穀平均產量分別約爲 1.7，3.5，3.5，3.7 Mg/ha，稻蒿產量約爲 2.5，5.2，4.5，5.5 Mg/ha，每期作殘留根重與水稻斷株之估算仍沿用曾(1981)方法估計，估計各處理每年殘留的根和斷株可提供 0.4，0.8，0.8，0.8 Mg/ha 之碳量。

日本神奈川縣平塚市蔬菜試驗乃始於 1978 年冬作至 1986 年冬作（於 1987 年 6 月收穫），其中除了 1978 年冬作種植甘藍，1980 年冬作萵苣外，其餘各年度冬作均是洋蔥，夏作均是甘藍。試驗中共有 8 種處理，本報告僅檢討其中化肥區、化肥+牛糞堆肥區、牛糞堆肥單用區之土壤碳素變化，其分

表 5.台南善化大豆長期試驗中加施有機肥料處理區各期作前作作物殘體回歸量、蔗渣濾泥堆肥與化學肥料施用量[z]

Table 5. Application rates of crop residue and inorganic fertilizer of organic fertilizer treatment on soybean field for long-term experiment in Shanhua, Tainan[z]

		Soybean residue				Mulch			Bagasse-filter cake[x]			IFR[w]
		Root(kg/ha)		Residue(kg/ha)		Straw(kg/ha)[y]			Fresh matter	C	N	N
Year	Crop	C	N	C	N	Fresh matter	C	N	(Mg/ha)	(kg/ha)	(kg/ha)	(kg/ha)
1984	Spring	100	1.8						0			40
1984	Summer	160	2.8						-	-	-	-
1984	Autumn	-	-	1600	54	5000	1200	36	20	1485	189	40
1985	Spring	100	1.8	1100	37	5000	1200	36	30	2227	284	100
1985	Summer	160	2.8	2200	74	10000	2400	72	-	-	-	-
1985	Autumn	-	-	-	-	-	-	-	30	2227	284	100
1986	Spring	100	1.8	1400	47	10000	2400	72	50	2992	382	150
1986	Summer	160	2.8			10000	2400	72	50	2495	318	120
1986	Autumn	260	4.6			10000	2400	72	50	2857	365	120
1987	Spring	100	1.8						50	3667	468	120
1987	Summer	160	2.8						50	2565	327	120
1987	Autumn	260	4.6						50	2565	327	120
1988	Spring	100	1.8						50	2182	278	120
1988	Summer	160	2.8						-	-	-	-
1988	Autumn	-	-						50	2475	316	120
1989	Spring	100	1.8						50	2092	267	120
1989	Summer	160	2.8						50	1642	209	120
1989	Autumn	260	4.6						50	3510	448	120
1990	Spring	100	1.8						50	2632	336	120
1990	Summer	160	2.8						50	2227	284	120
1990	Autumn	260	4.6						50	2632	336	120
1991	Spring	100	1.8						50	2632	369	120
1991	Summer	160	2.8						-	-	-	-
1991	Autumn	-	-						50	2632	374	120
1992	Spring	100	1.8						50	2385	507	120
1992	Summer	160	2.8						-	-	-	-
1992	Autumn	-	-						50	3015	463	120

[z] Source from AVRDC, 1990(12), AVRDC, 1993(14).

[y] To estimate the C content of rice straw mulch at the time of incorporation, the following were assumed:10% moisture content and 40% C based on dry weight, of which one third was lost during the season before incorporation.

[x] The moisture, C and N content based on dry weight of bagasse-filter cake compost were:35-65%, 6.5-12.5% and 0.8-1.6%, respectively.

[w] IFR: rate of applied inorganic fertilizer.

析值包括施用農藥與無施用農藥試驗區之平均值。化肥區施用複合磷加安，冬作甘藍施用氮量 250 kg/ha，冬作萵苣 240 kg/ha，冬作洋蔥 180 kg/ha，夏作甘藍 200 kg/ha。化肥+牛糞堆肥區除了施加化肥區等量之氮素外，另施加 2 Mg/ha 之牛糞堆肥，牛糞堆肥之含水量約爲 60%，乾物中含碳 28.4±6.1%，氮 1.7±0.4%，C/N15±4。牛糞堆肥單用區則施用 3.3 倍化肥區氮量之牛糞堆肥，所以 1978 冬作甘藍約施用 121 Mg/ha 牛糞堆肥，1980 年冬作萵苣爲 116 Mg/ha，冬作洋蔥爲 87 Mg/ha，夏作甘藍爲 97 Mg/ha。施用碳量分別爲 13.7 Mg/ha，13.2 Mg/ha，9.9 Mg/ha，11.0 Mg/ha。假設每年殘留 0.5 Mg/ha 乾重之地上部作物殘體和根部，若以含碳 40%計算，每作殘體提供 0.2 Mg/ha 之碳量。

土壤有機碳分解模式

根據前人研究結果顯示，有機殘質在土壤中之分解及土壤腐植質之形成過程，甚爲複雜，有關土壤有機質分解與累積的模式甚多，然而引用之長期試驗資料都僅測定土壤之總碳量，若引用複雜之多

變量動力模式，則其中不同形態之有機質反應速率常數之鑑定沒有試驗依據，而本文引用長期試驗資料可涵蓋趨向穩定穩常狀態之數據，減少外插估算之誤差，因此乃先採用最簡易單組成份一階反應方程式，以一概括的分解速率常數，分別描述各試驗區在固定的肥培與作物制度下，有機殘質在土壤中之分解。目前乃針對土壤原有有機質與作物殘質或施用之有機質肥料之總碳量的分解與累積進行模擬，模式說明如下：

$$\frac{d\,(SOC\quad)}{dt} = A - k\,(SOC\quad) \quad ....(1)$$

式中 SOC 表示土壤有機碳，A 爲每年的作物殘體回歸量或有機質肥料施用量中之總碳量，k 爲土壤有機碳分解反應速率常數。k 值乃因土壤特性、環境與施用有機質肥料質材而異。目前模擬時間差採一年。根據模式理論，土壤有機碳之分解速率與土壤有機碳含量成正比，但分解速率常數值與土壤有機碳含量無關[32]。

當土壤有機碳達穩常狀態時，

$$\text{即}\quad \frac{d\,(SOC\quad)}{dt} = 0 \text{ 時，}\quad \text{則 } k\,(SOC\ ) = A \quad ....(2)$$

即單位時間有機碳之分解量等於其施用碳量時，在求得參數後，即可由式(2)計算得到維持某一有機碳含量，每年所需添加之有機碳量。因此在每年固定的施用量下，雖然初期分解量較小，但會逐漸累積，至終最大分解量即等於每年的施用量。而土壤有機碳之累積量，則因 k 值之大小而異，且爲線性相關，如每年施用 1 Mg/ha，若 k=0.1，則穩常狀態時有 10 Mg/ha 土壤有機碳之累積，若 k=0.2，則僅有 5 Mg/ha 土壤有機碳之累積。達穩常狀態之時間亦隨 k 值而異，即隨土壤特性、環境與施用之有機質肥料質材而異。k 值愈小，則達穩常狀態所需之時間愈長。根據 Matus and Rodriguez（1994）在智利四個旱作輪作田施用作物殘體之長期試驗結果顯示，溫度在 12-18℃，年平均雨量 600-1200 ㎜之間，其達穩常狀態所需之時間約 80-100 年。Cambell et al.（1967）以同位素法測定土壤腐植質之 turnover 時間需爲 1000 年。目前討論之長期試驗中，台北水田 48 年中僅有 2 點資料（圖 3），屏東、台南與日本平塚資料則均未超過 15 年，用以推測其長期趨勢及未來達穩常狀態時之可能的土壤有機質含量，其準確性相對較低。

結果與討論

不同試驗區土壤有機質分解與累積

本文檢討之五處試驗區不同肥料處理之土壤有機碳的逐年變化如圖 3。雖然目前討論的五處長期試驗均沒有完全相同的作物制度，土壤母質與特性亦不同，但分別比較水田或旱田，由各試驗的無肥區或化肥區土壤有機質的累積趨勢（圖 3），大致可看出，由於溫帶日本的溫度較熱帶台灣低，土壤有機質的分解速率較慢，故相似的作物制度其土壤有機質的累積較明顯。如日本鴻巢市的水田無肥區雖然每年只有一期作，作物殘體之回歸量較少，且年平均雨量較台灣低，但土壤有機碳仍可維持在如台灣台北水田之 2.0%。日本鴻巢化肥區（2.6%）則更較台北水田累積更多的土壤有機碳（2.3%），萬巒水旱輪作田更是只能維持在 2.0%左右。化肥區的比較亦然，台灣二個期作水田雖相對增加較大作物產量，以致增加較多的作物殘體回歸量，但其土壤有機質之維持量，仍不及日本鴻巢水田所維持者，即可看出環境溫度對有機質分解之效應。又比較性質較爲相似的台北水田所施用的廄肥和日本鴻巢所施用稻草堆肥如圖 3 所示，則日本鴻巢每年施用 1Mg C/ha 經過 60 年，約可較無肥區逐漸增加 1.8%之土壤有機碳，而台北水田每年施用 2.8 Mg C/ha，經過 48 年，約僅可較無肥區增加 0.6%之土壤有機碳，足見熱帶地區環境對土壤有機質的消耗較溫帶明顯。在旱田方面亦然，一般而言，蔬菜田之作物

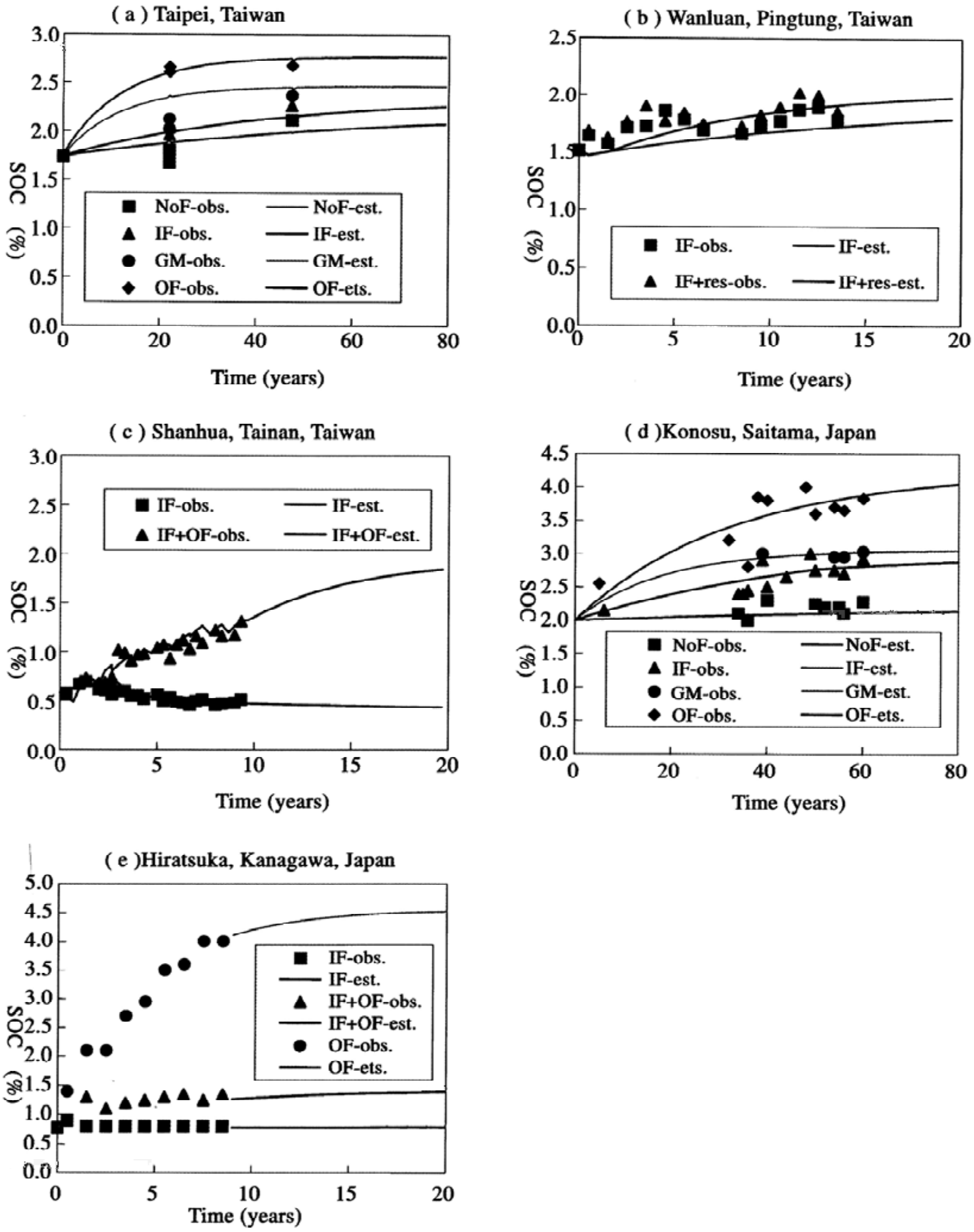


圖 3. 各試驗區不同肥料處理之土壤有機質累積情形與模擬結果。

Fig.3. Companison of the simulated and observed soil organic matter accumulation in the different experimental plots and sites. (NoF: no fertilizer, IF:Inorganic fertilizer, GM:green manure, OF:organic fertilizer, obs:observed data, est:estimated data by model)

殘體回歸量，應較大豆田少，而日本平塚蔬菜田之化肥區仍可較善化大豆田維持較高的土壤有機碳含量。

若分別比較日本與台灣的水、旱田，則水田明顯比旱田容易有土壤有機質的累積，如屏東萬巒的水旱輪作田與台南善化的旱田其年平均溫度相近，但因萬巒維持二期水田，且其全年雨量較善化約多 1000 ㎜（表 1），排水又不及善化旱田良好，故其化肥區土壤有機碳約可維持在 1.7%（圖 3），而善化的化肥區卻僅維持在 0.5%，台北二期作水田則因冬天休耕時仍有相當的雨水（圖 2），且土壤排水亦較不良（表 2），故化肥區的土壤有機碳甚至可維持在 2.3%（圖 3）。雖然不同作物制度之作物生產量不同，殘留於土壤之根量與地上部作物殘體不同，但比較作物制度相似之台北水田與萬巒輪作田，仍顯示土壤水分狀態爲土壤有機質分解的重要影響因子。日本的水、旱田土壤有機質含量亦有相當的差異，如鴻巢和平塚其溫度相近且土壤特性亦相近，但鴻巢水田化肥區的土壤有機碳約可維持在 2.8%，但平塚蔬菜田則僅可維持在 1.5%左右（圖 3）。

由目前台北與日本鴻巢二處水田化肥區與無肥區之長期試驗結果顯示，化學肥料之施用，因可增加農作物之產量，進而增加作物殘體回歸土壤之總量，故化肥區較無肥區有明顯的土壤有機質累積，穩常狀態時可維持在較高的含量。Janzen（1991）亦提出從加拿大西部土壤的長期輪作試驗顯示，適當的化學肥料施用，可增加土壤有機質含量及土壤供氮能力。蘇等（1991）綜合各項試驗觀察調查予以判斷，在多作栽培足量施用化學肥料之情況下，台灣土壤之肥力不但沒有衰退，且一般正在逐漸提高之中，但建議於作物系統中列入水稻。

根據台北水田長期施用青皮豆綠肥與日本鴻巢長期施用紫雲英綠肥之試驗結果顯示，施用綠肥對土壤有機質累積之助益不大，土壤有機質含量僅能維持稍高於化肥區，如圖 3 所示。日本 Toyama 農業試驗場長期試驗（1930-1944）亦顯示，連續施用 45Mg/ha（鮮重）紫雲英綠肥於水田，在 14 年後僅有全部施用碳量的 6%殘留於土壤中，並未如預期中施用綠肥有大量的土壤有機質累積，以增加地力。若依據長期試驗後綠肥區與化學區單位面積土壤有機碳差值，視爲施用綠肥殘留於土壤之碳量，而計算其佔單位面積施用綠肥總碳量之百分比，則各地區之計算結果如下。根據日本鴻巢水田連用 23 Mg/ha/yr（鮮重）綠肥估算，60 年後僅有全部施用碳量之 5%殘留於土壤中。台北水田連用 32 Mg/ha/yr（鮮重）綠肥估算，48 年後僅有全部施用碳量之 1.5%留於土壤中。因此綠肥可視爲速效性肥料，提供當期作物養分之需要。

雖然有機肥料之分解特性不同，但比較目前五處長期試驗結果仍顯示在不同的作物制度下，欲藉有機質肥料之施用增加土壤有機質，即增進地力，台灣地區顯然較日本地區困難，旱田又較水田困難。根據前述估算方法其結果顯示，台北水田連用 48 年 18.2 Mg/ha/yr 廄肥後，萬巒水旱輪作田連用 14 年 10 Mg/ha/yr（起初三年爲 6 Mg/ha/yr）作物殘體後，善化旱田連用九年 20-150 Mg/ha/yr 蔗渣濾泥堆肥後，分別約僅有全部施用碳量之 5.5%，3.5%，35%殘存於土壤中。善化旱田因還未達穩常狀態，故相對殘留量較高。日本鴻巢水田連用 60 年 12 Mg/ha/yr（鮮重）稻草堆肥，平塚旱田連用 9 年 450-380 Mg/ha/yr(鮮重)堆肥，則分別約有全部投入量之 30%和 25%殘留於土壤中。

土壤有機碳分解模擬

按式(1)之反應方程式，估算各試驗不同肥料處理試驗的土壤有機質分解反應速率常數 k 值如表 3，因 k 值隨土壤特性、環境與施用之有機質特性而異，從不同試驗之 k 值顯示，未施用有機質肥料處理之水田 k 值小於旱田，類似作物制度則日本土壤又低於台灣土壤。雖然各試驗施用之有機質肥料不同，但施用不同有機質肥料之處理區大致亦依循上述趨勢。

化肥區與無肥區土壤有機質之來源均是作物殘體，其 k 值應相當接近，然而台北水田無肥區估算之 k 值甚低於化肥區者，日本鴻巢水田無肥區之 k 值亦低於化肥區者，其原因可能是因化肥區施用氮肥，促進有機質分解，但亦可能是殘留根量之估計與實際根量有差異等其他原因。根據前人研究結果，在合適的生長環境下，大豆整個生長期出現最大根系，不是在收穫期，而是繁殖初期，然後在子實充

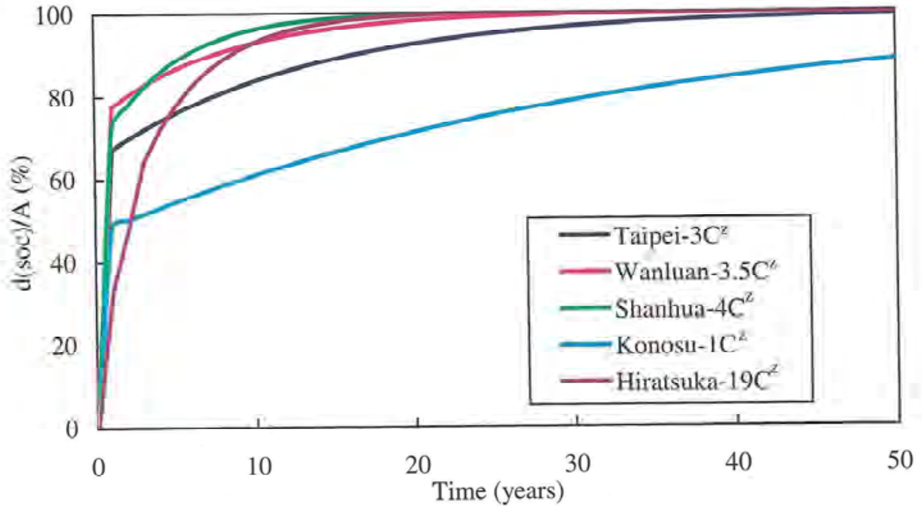
實期逐漸衰微[12,16,17,27]。雖然根系在子實期逐漸衰微，但直到生理成熟期仍有新根形成[27]。因此實際回歸於土壤之有機質殘體，可能遠大於現在的估算方法。另外，在日本鴻巢農事試驗場各種有機物在土壤中之分解過程試驗報告顯示，雖然經過五年後，稻草僅殘留施用之 10%碳量，稻根殘留 20%，但第一年之分解率即分別爲 75%和 50%[36]，因此以目前模擬時間差採用一年，推測殘留根量可能佔土壤有機質相當比例。此外，土壤有機質分解乃是土壤微生物活動的結果，不同量的作物殘體，是否導致微生物活性或繁殖差異，以致使土壤有機質的分解速率，依作物殘體回歸量或有機質肥料施用量而異，亦需進一步探討。根據前人研究結果顯示，作物殘體之分解速率與所施用之量沒有一定的關係[23,24,25]。綠肥之葉、莖、根植體之分解速率及氮礦化，除了受植體氮濃度及 C/N 比影響外，亦受植物殘體含木質素（Lignin）,脂肪（Fats）及蠟類（Waxes）含量之影響[10]。其礦化氮量與木質素含量成負相關，一般豆科作物莖、根含木質素約在 10-30%，葉含木質素約 3-6%，故含氮量高之葉分解及礦化速率快[19]。日本試驗亦顯示不同質材有機質其分解速率與其木質素含量成負相關[30]。施用作物殘體或有機質肥料之蛋白質、纖維、半纖維與木質素之成分，亦會影響其後微生物產物與土壤腐植質之穩定性[20,21]，而土壤有機質之穩常狀態水準與不易分解之腐植質的量與分解速率，遠比與剛加入之作物殘體與有機質肥料之分解速率有關[37]。本文因僅以一概括分解速率常數來描述土壤有機質分解之複雜過程，故有前述無肥區估算之 k 值低於化肥區者之情形。雖然以這樣簡易的模式進行模擬，其應用性較受限制，但以長期試驗爲基礎模擬資料，應用於類似的作物制度之模擬，應不致有太大的誤差。

根據模式理論分析，在土壤有機碳達穩常狀態時，土壤有機碳即不再累積，每年的分解量即等於每年的施用量，若按式(1)之一次反應方程式，模擬土壤有機碳分解與累積之長期趨勢，以推測各試驗區有機質肥料處理之可能達穩常狀態所需之時間，則台北水田、屏東萬巒、台南善化旱田分別約需 180，120 和 80 年，而日本鴻巢水田和平塚旱田分別爲 90 年和 470 年。但台北水田、屏東萬巒、台南善化旱田分別於 70，40，30 年後，日本鴻巢水田和平塚旱田分別於 150 和 40 年後，土壤有機碳之分解量即已接近於每年施用碳量（圖 4)。一般而言，溫帶地區土壤有機質分解速率較慢，達穩常狀態所需之時間較長，熱帶地區則反之。假定有機殘質之 C/N 在 15 以下，生物固定化作用不明顯的情形下，在穩常狀態時，隨著有機質之分解，氮之礦化率應達最高，即每年施用量所含之氮量。因此根據計算結果，台北水田在連續施用 18 Mg/ha（鮮重）（含 2.8 Mg C/ha）廄肥，1，5，10，20 年後，其每年有機碳分解率分別約爲 67，76，85，95%，穩常狀態時，約可維持 2.7%之土壤有機碳。萬巒水田在連續施用 10 Mg/ha（約含 3.6 Mg C/ha）作物殘體，1，5，10，20 年後則分別爲 76，86，92，99%，穩常狀態時，約可維持 2.0%之土壤有機碳。善化旱田在連續施用 110 Mg/ha(鮮重)(約含 5 Mg C/ha)蔗渣濾泥堆肥，1，5，10，20 年後則分別爲 73，89，96，99%，穩常狀態時約可維持 1.15%之土壤有機碳（圖 4(b)）。顯示在台灣環境下，由於因著土壤有機質的分解快速，相對地在較短的時間內有更多的養分釋出，此指明台灣環境雖然不利土壤有機質的累積，以增進地力，但有利於施用有機肥料中養分之釋出以供作物利用，另一方面亦可提供無害廢棄物之處置場所，達廢棄物減量之目的，但需酌訂合理施用量，以防二次污染。

維持不同土壤有機碳含量之施用量估算

根據長期試驗結果與應用模式預測長期的土壤有機質累積趨勢，可針對土壤有機質累積之需求，依據式(2)，概略估算在現有的耕作制度下，提高土壤有機質含量所需施用的有機質肥料量。由於有機質肥料及其在不同土壤環境之分解特性不同，故目前只能按已有的幾處長期試驗有機質肥料處理區之結果，推算其施用量，供類似土壤環境參考使用（表 6)。鑑於施用大量有機質肥料其分解礦化之氮量，可能造成二次污染，因此施用量亦需同時考慮可能礦化之氮量。若施用含重金屬廢棄物，則重金屬之累積又爲另一考慮因素，已有報告討論其容許的最大施用量（陳，1995)。本研究僅先考慮有機質累積與礦化氮量問題。

(a)Decomposition of soil organic matter



(b) Accumulation of soil organic matter

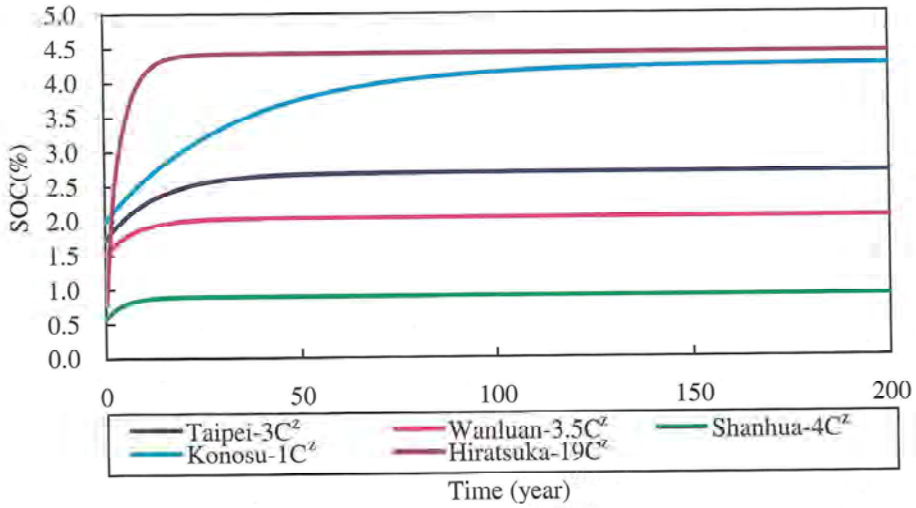


圖 4. 各試驗地點有機質肥料施用區之土壤有機質分解與聚積。

Fig 4. Decomposition and accumulation of organic matter in soils of organic manure plots in different sites.
(z the applied carbon from organic manure per year)

表 6. 各試驗區維持不同土壤有機質含量所需施用之有機質肥料估計量

Table 6. The estimated rates of crop residues or organic manures required for maintaining different levels of soil organic matter in the different experimental plots and locations

	Taipei			Wanluan			Shanhua			Konosu			Hiratsuka		
OM (%)	Trt.[z]	C (Mg/ha)	Res orOF[y] (Mg/ha)	Trt.	C (Mg/ha)	Res or OF (Mg/ha)	Trt.	C (Mg/ha)	Res or OF (Mg/ha)	Trt.	C (Mg/ha)	Res or OF (Mg/ha)	Trt.	C (Mg/ha)	Res or OF (Mg/ha)
1							IF	1.2	4.0^{X}						
1.5							IF+OF	4.3	$1.3^{X}+80^{U}$				IF	0.44	1.1^{X}
2							IF+OF	5.7	$1.3^{X}+110^{U}$						
2.5							IF+OF	7.2	$1.3^{X}+141^{U}$				IF+OF	4.5	$1^{X}+40^{S}$
3				IF	2.1	5.0^{X}				NoF	0.4	1^{X}			
3.5	NoF	0.5	1.3^{X}	IF+res	5.2	13.0^{X}									
4	IF	1.1	2.7^{X}												
	GM	3.5	$2.6^{X}+31^{W}$												
4.5	OF	3.8	$2.7^{X}+17^{V}$												
5	OF	4.2	$2.7^{X}+20^{V}$							IF	0.8	2^{X}			
										GM	2.7	$2^{X}+23.5^{t}$			
5.5															
6															
6.5															
7										OF	1.8	$2^{X}+11^{t}$	OF	17.6	$1^{X}+169^{S}$
7.5															
8															
8.5													OF	21.4	$1^{X}+206^{S}$

[z] Trt: treatment; NoF: no fertilizer; IF: inorganic fertilizer; GM: green manure; OF: organic fertilizer.
[y] Res. or OF: crop residue or organic fertilizer.
[x] crop residue (root, rice stubble...)(dry weight).
[w] Green manure (fresh weight).
[v] Farm yard manure (fresh weight).
[u] bagasse-filter cake compost (fresh weight).
[t] rice straw compost (fresh weight).
[s] cow dung compost (fresh weight).

根據台北水田之長期試驗結果，每年施用 18.2 Mg/ha（鮮重）之廄肥，可使土壤有機質含量由 3.5%提升至 4.7%左右，若以目前採用之一階反應模式估算，假設有機質肥料施用量與試驗之施用量相近時，不致影響分解速率常數，則若欲使土壤有機質由無肥區之 3.5%，提高至 4.5%，則需每年施用 17 Mg/ha（鮮重）廄肥，在達穩常狀態時約可提供 180 kg N/ha/yr，施用 20 Mg/ha（鮮重）則可增加 1.5%之土壤有機質，穩常狀態時約提供 210 kg N/ha/yr。屏東萬巒水旱輪作田在化肥區約可維持 3%之土壤有機質。按模式估算，每年若施用 10 Mg/ha（風乾重）作物殘質，在穩常狀態時約可使土壤有機質維持在 3.5%。台南善化旱田化肥區之土壤有機質約僅能維持在 0.86%，根據目前每年非等量蔗渣濾泥堆肥施用量試驗結果概略估算，欲使土壤有機質維持於 1.5%則需每年施用 80 Mg/ha（鮮重）堆肥，即施用 3.7 Mg C/ha，若施用 110 Mg/ha 或 141 Mg/ha（鮮重），即施用 5.2 及 6.7 Mg C/ha，則分別可使土壤有機質維持在 2%及 2.5%，然而在穩常狀態時其約有釋出 740 及 950 kg N/ha/yr，恐有二次污染之虞。

熱帶地區由於土壤有機質的分解速率較快，故不易維持在高的含量，一般熱帶地區國家如菲律賓，將土壤有機質分爲三級，低於 2%者爲低級（low level），介於 2-3%者爲中級（medium level），高於 3%者爲高級（high level）[38]。根據林（1983）71 年全省 80 處一期作水田肥力調查結果顯示，台灣地區土壤有機質介於 0.85-7.35%，平均值爲 2.70%，介於 1-4%者佔 85%。土壤有機質含量高於 1%者，其產量無明顯差異，而低於 1%者，其稻穀產量偏低。但當時的調查資料低於 1%者只有 2 處。以目前長期試驗結果顯示，水田在無肥區及化肥區即可維持在高有機質含量水準，施用適量有機質肥料可再

增進其地力，但不如日本可維持在更高的水準。旱田方面則化肥區僅能維持在 1%之低土壤有機質含量，若要提高其含量，則長期所施用之堆肥量，即可能造成污染。至於旱田土壤有機質含量對作物生產之影響，則需進一步探討。

雖然有機質肥料之特性不同，但根據模式對長期試驗之模擬（表 6），欲維持旱田在 2.5%之土壤有機質含量，台灣善化田每年需施用 7.2 Mg C/ha，而日本平塚旱田僅需施用 4.5 Mg C/ha 。而平塚旱田若施用大量有機質肥料，甚至可使土壤有機質提高至 8.5%，只因在日本之礦化率較低且達穩常狀態之時間較長，故在施用初期可能還不致有污染問題，但長期施用仍可造成污染。

根據本文檢討之五處長期試驗結果，歸納如下之結論：(1)比較各試驗地點的未施有機質肥料區顯示，不同的作物制度在不同的氣候與土壤條件下，可維持之土壤有機質含量有相當差異，一般而言，溫帶較熱帶、水田狀態較旱田狀態，可維持較高的土壤有機質含量。(2)針對有機質之累積而言，無論在溫帶或熱帶土壤，化學肥料之施用並未見導致土壤之劣化，由台北、日本水田長期試驗顯示，化肥區較無肥區有更多的土壤有機質累積。綠肥之施用對地力之增進不大，僅較化肥區維持稍高的土壤有機質含量。(3)利用台灣地區有機殘質在土壤中分解快速之事實，農地可利用作爲無害廢棄物最終處置場所，以提供廢棄物減量方法之一，亦可提供作物所需之養分，使資源可以循環再利用，但需酌定合理施用量。(4)欲施用有機質肥料以增進地力，台灣環境顯然較日本環境困難，若考慮氮之礦化量不致造成二次污染，推估每年施用之有機質肥料量，在穩常狀態時，水田約僅能較化肥區提高 1%之土壤有機質。旱田則約可提高 0.5%。

誌　謝

本研究承行政院國科會經費補助（計畫編號 NSC89-EPA-Z-055-001），特申謝忱。本文爲該計畫之部分成果，所討論之長期試驗，除了從文獻中直接引用外，亦承亞蔬 Dr. Richard A. Morris 與馬清華博士，提供試驗結果之數據及相關資料，特此致謝。

引用文獻

1.林家棻、李子純、張愛華、陳卿英。1973。長期連用同樣肥料對於土壤化學性質與稻谷收量之影響。農業研究 22(4)：241-262。
2.林家棻。1983。台灣省土壤肥力能限分類規範調查研究。台灣省農業試驗所民國七十一年年報。pp.77-80。
3.張守敬、林家棻、步焱昇。1947。同種肥料連用對於水稻產量及土壤理化性之影響。台灣省農業試驗所彙報。第 3 號：18-41。
4.陳尊賢。1995。長期施用豬糞堆肥對土壤中重金屬之累積及合理施用量之評估。有機質肥料合理施用技術研討會專刊。pp.200-214。
5.曾國珍。1981。還原電位和總體密度對水稻根系分佈與產量的影響。國立中興大學土壤學研究所碩士論文。
6.焦彬、顧榮申、張學上。1986。中國綠肥。農學出版社。北京。pp.726-730。
7.蘇楠榮、王錦堂、吳懷國。1991。台灣多作制度下土壤肥力之變化。輪作制度對土壤肥力及作物影響研討會論文專輯。pp.1-27。
8.Allison, F.E. 1965. Soil organic matter and its role in crop production. Elsevier, Amsterdam.637pp.
9.Allison, F.E.(ed.). 1973. Soil organic matter and its role in crop product. p.461-483. Dev. Soil Sci. 3. Elsevier, Amsterdam.
10.Allison, L. E. 1965. Organic carbon. In: Black, C.A. (ed.). Methods of Soil Analysis. Part 2. Agronomy Monographs 9. American Society of Agronomy press. Madison, Wisconsin, USA.
11.Allmaras, R.R., W.W. Nelson, and W.B. Voorhees. 1975. Soybean and corn rooting in southwestern Minnesota: II. Root distribution and related water inflow. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 39:771-777.
12.Anonymous. 1990. Fertilizer management for sustainable soybean cultivation under continuous cropping. pp.209-215. In: AVRDC progress report. Shanhua,Tainan.

13.Anonymous. 1991. Vegetable soybean in cropping systems: effect of residues on soil-N dynamics and growth of tow vegetable species. pp.252-261. in: AVRDC progress report. Shanhua,Tainan.

14.Anonymous. 1993. Soil organic carbon and nitrogen accumulation from compost.pp.371-375. in: AVRDC progress report. Shanhua,Tainan..

15.Brown, D.A. 1984.Characterizing root growth and distribution. Ark Farm Res. 33:3.

16.Burch, G.J., R.C.G. Smith, and W.K. Mason. 1978. Agronomic and physiological responses of soybean and sorghum crops to water deficits. II. Crop evaporation, soil water depletion and root distribution. Aust. J. Plant Physiol.5:169-177.

17.Campbell, C.A., E.A. Paul, D.A. Rennie and K.J. McCallum. 1967. Applicability of the carbon-dating method of analysis to soil humus studies. Soil Sci. 104: 217-224.

18.Frankenberger, Jr, W.T. and H.K. Abdelmagid. 1985. Kinetic parameters of nitrogen mineralization rates of leguminous crops incorporated into soil. Plant and Soil. 87:257-271.

19.Herman, W.A., McGill, W.B. and Dormaar, J.F. 1977. Effects of initial chemical composition on decomposition of roots of three grass species. Can. J. Soil Sci. 57:205-215.

20.Hunt.H.W. 1977. A simulation model for decomposition in grasslands. Ecology. 58:469-484.

21.Janzen, H.H. 1991. Fertilization promotes soil organic matter. Alberta Research. p10.

22.Jenkinson, D.S. 1971. Studies on the decomposition of C labelled organic matter in soils. Soil Sci. 111:64-70.

23.Jenkinson, D.S. 1977. Studies on the decomposition of plant material in soil. IV. The effect of rate of addition. J. Soil Sci. 28:417-423.

24.Jenkinson D.S. and A. Ayanaba. 1977. Decomposition of carbon-14 labeled plant material under tropical conditions. Soil Sci. Soc. Am. J. 41:912-915.

25.Jenkinson, D.S., and J.H. Rayner. 1977. The turnover of soil organic matter in some of the Rothamsted classical experiments. Soil Sci. 123:298-305.

26.Kaspar, T.C., C.D. Stanley, and H.M. Taylor. 1978 Soybean root growth during the reproductive stages of development. Agron. J. 70:1105-1107.

27.Kirkham, D. and Bartholomew, W.V. 1955 Equations for following nutrient transformation in soil, utilizing tracer data II. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 19: 189-192.

28.Lin, C., T. Liu, and T. Hu. 1987. Assembling a model for organic residue transformation in soils. Proceedings of the National Science Council. Part B: Life Science. 11(2): 175-186.

29.Maeda, K. and H. Shiga. 1978. Year-long decomposition processes of various organic materials in a lowland field. J. Sci. Soil Manure, Japan 49: 455-460. (In Japanese)

30.Matus, F.J. and J. Rodriguez. 1994. A simple model for estimating the contribution of nitrogenmineralization to the nitrogen supply of crops from a stabilized pool of soil organic matter and recent organic input. Plant and Soil. 162:259-271.

31.Russell, J.A. 1964. Mathematical expression of seasonal changes in soil organic matter. Nature (Lond.) 204: 161-162.

32.Russell, J.S. 1975. A mathematical treatment of the effect of cropping system on soil organic nitrogen in two long-term sequential experiments. Soil Sci. 120:37-44.

33.Russell, E.W. 1949 XV. The composition of the soil organic matter.pp.264-295. In. E.W. Russell. (ed) Soil Conditions and Plant Growth. John Wiley & Sons Inc., N.Y.

34.Suzuki, M., K. Kamekawa, S. Sekiya and H. Shiga. 1990. Effect of continuous applications of organic or inorganic fertilizer for sixty years on soil fertility and rice yield in paddy fields. Transactions of the 14th International Congress of Soil Science. Vol II, pp.14-19.

35.Tanaka, I. and H.Shiga. 1988. Organic matter dynamics in paddy fields. Agri, and Horti. 63(4): 479-483. (In Japanese)

36.Van Veen, J.A. and E.A. Paul. 1981. Organic carbon dynamics in grassland soils. I. Background information and computer simulation. Can .J. Soil Sci.61: 185-201.

37.Working group. 1985. Wetland soils : Characterization, classification, and utilization. International rice research institute.

38.Yamada, H. 1991. Agricultural technological evaluation on organic farming and gardening(No 2)-Estimation of soil nitrogen mineralization in upland fields continuously treated with organic and/or chemical fertilizer. Report of Agricultural Research Institute of Kanagawa Prefecture. 133:67-74. (In Japanese)

39.Yamada, H., and H. Kamata. 1989. Agricultural technological evaluation on organic farming and gardening. I. Effects of organic farming on yields of vegetables and soil physical and chemical properties. Report of Agricultural Research Institute of Kanagawa Prefecture. 131:1-13. (In Japanese)

Modeling of Organic Matter Turnover and Fertility Maintenance in Taiwan and Japan[1]

Chi-Ling Chen[2,3] Shen Lian[2]

Summary

This paper reviews changes of organic matter content in the soils of some long-term experiments conducted in Taiwan and Japan, where different rates of crops residues or organic manure had been applied continuously. The decomposition and accumulation of organic matter in the soils were simulated as the first order reaction and the model was used to estimate the input of organic manure required to maintain different levels of organic matter in the soils. The experiments of Taiwan consist of a 48-year field trial with the cropping system of two crops paddy rice per year in Taipei, a 14-year field trial with the cropping system of rice-rice-soybean per year in Pingtung and a 9-year field trial with the cropping system of 2-3 crops soybean per year . The experiments of Japan consist of a 60-year field trial with the cropping system of one crop paddy rice per year in Saitama, Japan and a 9-year field trial with the cropping system of onion-cabbage per year in Kanagawa. The results indicate that soil organic matter can maintain a higher level generally in the Temperate than in the Tropics, and in paddy than in upland. The long-term application of chemical fertilizer did not deplete the content of soil organic matter but even increase slightly compared to the soil without application of fertilizers. A stabilized content (3.0%) of organic matter was, in fact, maintained in the soil without application of fertilizer in this paddy soil; the rice stubble and roots remained in the soil after the harvests were enough to maintain this level of organic matter without any tendency of depletion. On the other hand, the long-term application of green manure did not increase the content of soil organic matter as significantly as that of compost did, although it did increase slightly higher than the soil with the application of chemical fertilizer. Apparently, the increase of soil organic matter through the application of organic manure is more difficult in Taiwan than in Japan due to its higher rate of decomposition. This characteristics, however, is advantageous for agricultural land to act as disposal places for the harmless organic waste produced by animal husbandry. The reasonable rate of application, however, should be evaluated so that environmental impact will be minimized. According to the results of the experiments and simulation analysis, the continuous application of 17Mg/ha/year (fresh weight basis) of farm yard manure for 70 years is required to raise soil organic matter from the level of 3.5% to 4.5%, both at nearly steady state, in the paddy field of Taipei . The rate of N release at steady status maintaining 4.5% organic matter is 180 kg N/ha/year. On the other hand, the continuous application of 110 Mg/ha/year (fresh weight basis) of bagasse filter cake compost for 30 years is required to raise soil organic matter from the level of 1% to 2%, both at nearly steady state, in the upland field of Tainan. The rate of N release at steady state maintaining 2% organic matter is 740 kg N/ha/year. The long-term continuous application of 110 Mg/ha/year (fresh weight basis) of bagasse filter cake compost apparently will cause pollution to the environment.

Key words : Soil organic matter, Turnover, Modeling.

1.Contribution No. 2113 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted by May 6, 2002.

2.Respective, Assistant Soil Scientist, Former Soil Scientist and Head, Department of Agricultural Chemistry, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.

3.Corresponding author, E-mail:chiling@wufeng.tari.gov.tw; FAX:(04)23302805.

中華農業研究(J. Agric. Res. China) 51(2):66~78(2002)

台中地區 1960-1999 年間之溫度及降雨分析 [1]

姚銘輝 [2,4] 盧虎生 [3] 朱 鈞 [3] 蔡金川 [2]

摘要：我國農業生產一直以雨害為首位氣象災害。未來氣候變遷所導致之水文循環，降雨量將明顯變化，尤其是豪大雨發生的機率將大幅提高。本研究以台中地區過去 40 年(1960-1999 年)之氣象資料作分析，包括溫度及降水的變化趨勢。分析結果顯示，氣溫方面，40 年間平均氣溫增加 0.86℃，平均最高溫下降 0.41℃，平均最低溫則明顯上升 1.66℃，因此日較溫明顯下降。台中過去 40 年來降雨趨勢，總雨量僅些微增加，但在時間及空間上分布並不均勻。尤其是農作物生長期之春季(3,4,5 月)，降雨量、降雨時間及豪雨發生次數均顯著增加，將影響水稻生長及產量甚鉅，因為此段時期為水稻一期作主要生育期。至於降雨特性的預測模式，ARIMA 在春季降雨特性的可有效預測趨勢變化，但對於極端值仍有低估現象。

關鍵詞：降雨、氣候變遷、ARIMA 模式。

前 言

由衛星影像或各處地面觀測的結果顯示，全球氣候因溫室效應（greenhouse effect）、都市化、工業化及商業化等作用下，平均氣溫上昇 0.5℃(1900 年-1994 年)(23)。除陸地氣溫升高外，佔地球面積 7/10 的洋面溫度，在過去 100 年間氣溫也上昇 0.3~0.6℃(16)，也就是全球皆呈現暖化現象。姚等人(5)針對我國十個氣象站過去 45 年氣象資料分析發現，除恆春測站增溫不顯著外，其餘各站也呈暖化現象。大氣溫度的增加也使其他氣象因子產生改變，最明顯為水文循環加速，雲量、光照及降水皆受影響。因此以氣候變遷觀點而言，各項氣象因素間存在著因果關係或交感效應，雖然有些因素地域性及隨機性高，在趨勢判定及預測上較為困難，但透過多項氣象因素共同探討，較能有全面性的瞭解。

我國農業生產所遭遇之氣象災害以雨害最為嚴重，尤其以每年夏季豪大雨所造成的農業損失最為嚴重。在溫度昇高及水文循環加速下，評估未來雨量或雨強的發生及所造成的災害損失更形迫切。以過去全球各地降水記錄為例，季節間降水變異不同，一些國家(前蘇聯、挪威、瑞典及加拿大)降水在寒冷季節增加較明顯（10-15%/100Yr），暖季較不明顯(5%/100Yr)(20)。但在澳洲則降水主要增加在溫暖的半年(36)。Groisman *et al.,*（1999）分析世界上 8 個幅員較大的國家，包括美國、墨西哥、前蘇聯、中國大陸、澳洲、挪威及波蘭等地，發現過去百年間，夏季平均降雨量增加 5%，但超過 1 英吋（=25.4 公厘）的降水事件，在中緯度（30-60°）國家增加 20%（是平均降水量增加率的 4 倍），而在所增加 5%的降水量中，大雨所佔的比重超過 50%，至於降水天數僅些微增加。但就全球平均而言，根據 IPCC（1995）分析過去百年來全球降水量僅增加 1%。至於未來的情形，降雨特性在氣候變遷不同情景

1.行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2115 號。接受日期：91 年 5 月 6 日。
2.本所農工組助理研究員、副研究員。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。
3.台灣大學農藝系教授。台北市。
4.通訊作者，電子郵件：mhyao@wufeng.tari.gov.tw；傳眞機：(04)23325144。

（scenario）下的預測，平均降雨量僅些微增加[26,37]。但是造成災害的降雨特性並非著重於量的平均，而在於瞬間強度，即是極端降雨發生的機率。由一些觀測報告指出，極端降雨事件的發生在許多地區有增加現象[17,22,24,31]，另由模式模擬的結果也呈增加現象，這包括在澳洲[39]及南非地區[30]等地的結果。

降雨過多的逆境對農作物的傷害受多種因素影響。例如地下水位過高，則容易引起淹水，而使根生長障害。降雨時若風速過強，則植株倒伏或折斷，同時降雨時光照程度也導致光抑制現象及光合作用速率下降[6]。降雨和其他氣象因素相較，對於作物的影響是全面性，由大氣-作物-土壤三相皆涵蓋。過多降雨除造成淹水外，降雨雨滴本身的物理性及化學性也影響植株地上部的生長。降雨化學性傷害主要是因污染所引起的酸雨或酸霧，這部份已有相當多研究，在本文中不再贅述。至於物理性傷害是指雨滴下降過程的衝擊力對葉片拍打所形成的傷害。此外，降雨時間長短也影響作物生理反應[27]。我國過去探討降雨的相關文獻中，對於農作物的傷害大多著重於降雨量的多寡[13]，事實上，降雨持續時間及降雨強度也對不同作物有不同程度的傷害。因此，在本研究中也針對降雨強度及持續時間作分析，希望能瞭解降雨各種特性在過去四十年的變化趨勢。

台灣四面環海，位於大陸及太平洋之間，每年受颱風、梅雨鋒面及西南氣流的影響，雨量非常豐沛。但就降雨時間的分佈極不平均，夏季常有豪大雨發生，但冬季則屬於旱季，尤其是水稻一期作插秧期常遇缺水而休耕。雨量在時間及空間上分佈的不均匀，在未來氣候變遷下恐更嚴重。童[12]以大甲溪上游集水區作預測，在 2 倍 CO_2時，平均降水量增加 4%，其中豐水期增加 7%，枯水期減少 3%。雨量在分佈上的極端化，除需要有效管理水資源外，對於過去降水資料的分析及極端降雨的預測，或對農業災害損失的評估是相當重要的課題。本研究擬以台中地區過去 40 年（1960-1999 年）之氣象資料作分析，包括溫度及降水，探討兩項氣象因子的變化趨勢，並針對豪大雨發生的次數及其他降雨特性的變化作統計分析，並以時間序列方法進行分析，以供未來研究參考用。

材料與方法

國內對於氣候歷史資料的分析與探討，所採用方法大致可歸納爲線性迴歸及移動平均兩種方法。本研究以線性迴歸分析台中地區氣候特性的長期趨勢，探討不同氣象因子和降水間的關係，並配合農作物（主要爲水稻）生長期的劃分，將降雨相關的特性（例如降雨時數及降雨量）以移動平均預測模式。在本研究所使用模式爲時間序列模式中之 ARIMA，以下簡單敘述該模式之特性[38]。

ARIMA（Autoregressive Integrated Moving Average Model），模式是由三部份所組成，包括自迴歸（Auto Regression; AR）、整合（Integral; I）及移動平均（Moving Average; MA）的隨機性模式。ARIMA（p,d,q）定義爲-時間數列 Xt，若對任意 t 可寫成

$$\Phi P(B)(1-B)^d X t = \theta q\ (B)\ \Sigma t$$

其中$\Sigma t \sim WN(0,\sigma^2)$; ΦP 爲自我迴歸參數;d 表示差分(difference)的階次; θq 爲移動平均參數。假設在隨機過程中，每個觀測値可以表示爲諸個互相獨立，且具有相同機率分配之隨機變數序列 at, at-1, at-2,...之線性組合，而這些隨機變數通常假設爲常態分配，若 t 時刻之觀測値與其前後任何時刻之値無關，並且它的「期望値」(expected value)爲 0，變異數(variance)爲σ^2，則此時間序列稱爲「白噪音」(white noise)數列。就模式選擇的程序，首先由時間序列自身相關（autocorrelation）的型態預選可能的時間序列模式，其次，利用最大概度就選定之模式估計模式中之相關參數，在經診斷，若模式未顯現不當，即可接受該模式；反之，則重新選定模式在經診斷，直到選取合適的模式爲止。ARIMA 模式建立包括模式之鑑定、估計、檢定及預測等，有嚴謹的校驗過程，此法已被證實爲一預測誤差較小的模式，廣泛應用在經濟、工程及環境科學等議題上。至於氣象科學的研究方面，胡[7]首先利用 ARIMA 預測台北地區月平均氣溫及降水量的預測。張[8]利用恆春 98 年降雨資料描繪時間序列的 AR 及 MR 模式。

曾[10]則利用 ARIMA 預測南部梅雨季降水量，能有效掌握年度間變化。本研究是以 SPSS 套裝軟體（Trends ver 6.1）進行相關分析及 ARIMA 模式之建立。

結　果

氣候變遷主要是因人類大量使用石化原料，使大氣中二氧化碳濃度上昇所致。但大氣中實測二氧化碳的濃度，是在 1957 年美國夏威夷才開始設立觀測站，當時測得濃度為 314 ppm，至 1994 年上昇至 346 ppm。雖然台中地區氣象觀測已累積有百年以上的資料，但為避免過去資料的干擾，因此本研究是以 1960 至 1999 年，共四十年資料為分析對象。除此之外，氣候評估常以平均值作探討，會忽略空間上區域性的差異，及時間上極端值出現的頻率及所代表的意義[19]，因此，本研究僅以台中地區之個別區域作分析，雖較不具有代表性，但可針對該地作精確預估，並且可避免極端值的遺漏。

圖 1 為過去 40 年台中地區溫度變化趨勢，平均氣溫增加 0.86℃，平均最高溫下降 0.41℃，平均最低溫則明顯上升 1.66℃，因此日較溫明顯下降，這種情形普遍存在。Eastering *et al.,* [18]分析全球 5400 個氣象站，結果顯示全球大部份地區的日溫差皆呈下降現象，平均日溫差下降幅度為 0.84℃。

台中地區過去 40 年平均降水量為 1610 公厘，最高值出現在 1972 年之 2388 公厘，最低值為 1991 年之 979 公厘，依迴歸方式計算 40 年間降水增加 8.4%（圖 2）。降水由於屬隨機性強的氣象因子，每一降雨事件發生頻率及降水量差異甚大，變異係數（coefficient of variation ; CV）達 21.4%。

為探討降雨與水稻生育的關係，在降雨特性分析中將一年 12 個月分為四季：春（3 月~5 月）、夏（6 月~8 月）、秋（9 月~11 月）及冬（12 月~隔年 2 月）。台中地區水稻生長季節，一期作約為二月中下旬移植，3,4,5 月為營養生長及開花期，6 月為穀粒充實及收穫期；二期作為 8 月上旬移植，9,10,11 月為生育及成熟期。降雨對水稻生長的影響，主要為營養生長期雨水淋洗的傷害，開花期影響授粉及穀粒充實後期的倒伏等。降雨配合強風使穀粒充實之稻株發生倒伏，影響產量相當大，但倒伏區域的估算或受害損失評估難以量化，並且倒伏大多發生在一期作居多，二期作之收穫期（十一月中下旬）較少遭遇豪雨或強風，倒伏情形較少。因此依據水稻生長時期所會遭受雨害，而劃分降雨分析期間。冬季（前一年 12 月、1,2 月；和一期作插秧供水有關），春季（3,4,5 月；一期作主要生長期），夏季（6,7,8 月；一期作成熟期及二期作幼苗期）、秋季（9,10,11 月；二期作生長及成熟期）。由圖 3 之台中月平均雨量可知，雨量集中在梅雨季及夏季，兩季雨量佔全年雨量 80%以上。春季 429.3 公厘，佔 26.7%；夏季 892.7 公厘，佔 55.4%。至於秋冬季為 154.9 及 133.6 公厘，分別佔 9.6 及 8.3%。過去 40 年降雨趨勢分析如圖 4 所示，此趨勢是以 1960-1999 年線性迴歸的計算值。結果顯示降水量及降水時數在冬及春季大幅增加，夏季變化不明顯，秋季則明顯下降，尤其是降水量下降最為明顯。至於降雨強度為降水量除以降水時數，以四季方式劃分則變化較小。由上述可知，台中地區降雨在季節的變化趨勢，以春季降雨量及降雨時數之增加最為明顯，冬雨次之，夏雨變化不明顯，秋雨則減少。

依現行氣象預報系統，當某一地區連續降雨，且一天累積降雨量可能超過 130 公厘，氣象局會發佈「豪雨特報」。如果降雨量不到 130 公厘，但卻在 50 公厘以上，且有可能造成災害時，便發佈「大雨特報」。在台中地區過去 40 年日雨量超過 50 公厘的次數為 305 次，超過 130 公厘為 52 次。至於多少降雨量才會對農作物造成傷害？依各種作物別而有所不同。吳等[3]由各縣市統計一期作水稻受害情形和降雨量的關係發現，當每三小時累積雨量大於 20 公厘或每六小時大於 30 公厘以上時，即發生水稻植株倒伏並造成浸水傷害。郭[9]依氣象災害調查資料發現，連續降雨 3 至 5 天，日平均雨量達 50 公厘以上，即會對甘藷、蔬菜和落花生等作物造成災害損失。申[2]則認為降雨持續三天且累積雨量達 150 公厘以上時，即可能對大多數作物的生長造成影響。檢視台中地區過去 40 年資料，上述評估造成災害的雨量發生頻率太少，在年度或季節中常有缺值，因此本研究僅以日雨量超 50 公厘及最大日降雨量作趨勢分析（圖 5）。超過 50 公厘的天數在冬及春季稍增加，夏及秋季則略減少。最大雨量的趨勢秋季

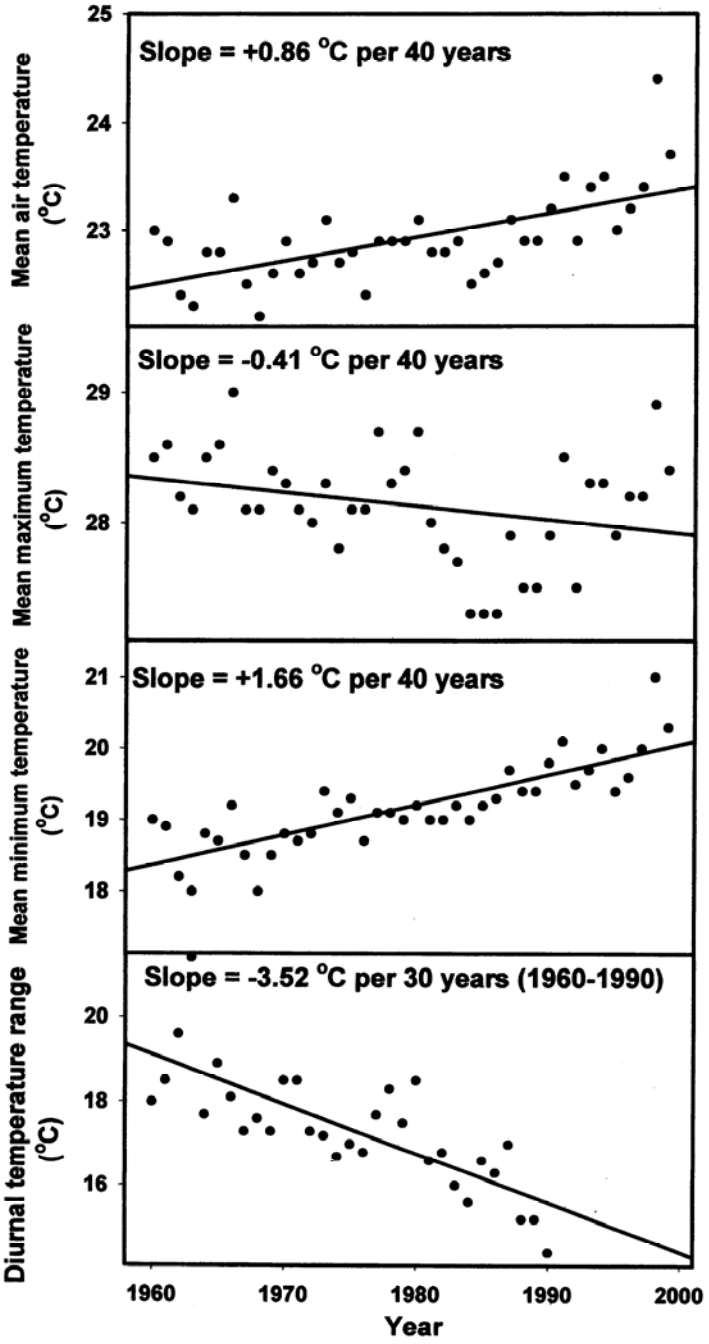


圖 1. 台中地區 1960 至 1999 年之年平均氣溫、最低溫度、最高溫度及日較溫之變化趨勢。

Fig.1 Annual trends for mean temperature, maximum temperature, minimum temperature and diurnal temperature range from 1960 to 1999 in Taichung area.

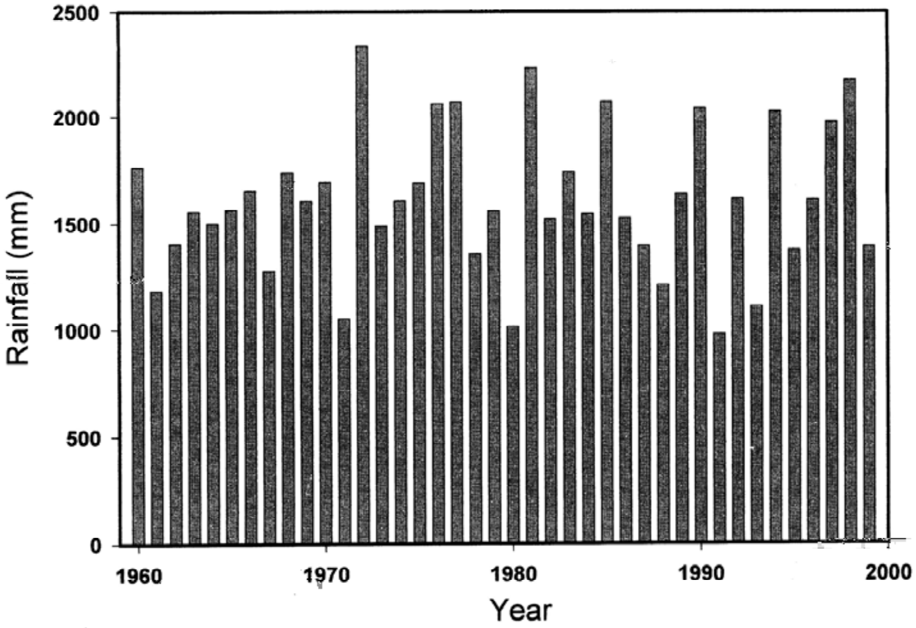


圖 2. 台中地區 1960 至 1999 年之年降雨量平均值。

Fig.2 Annual rainfall from 1960 to 1999 in Taichung area.

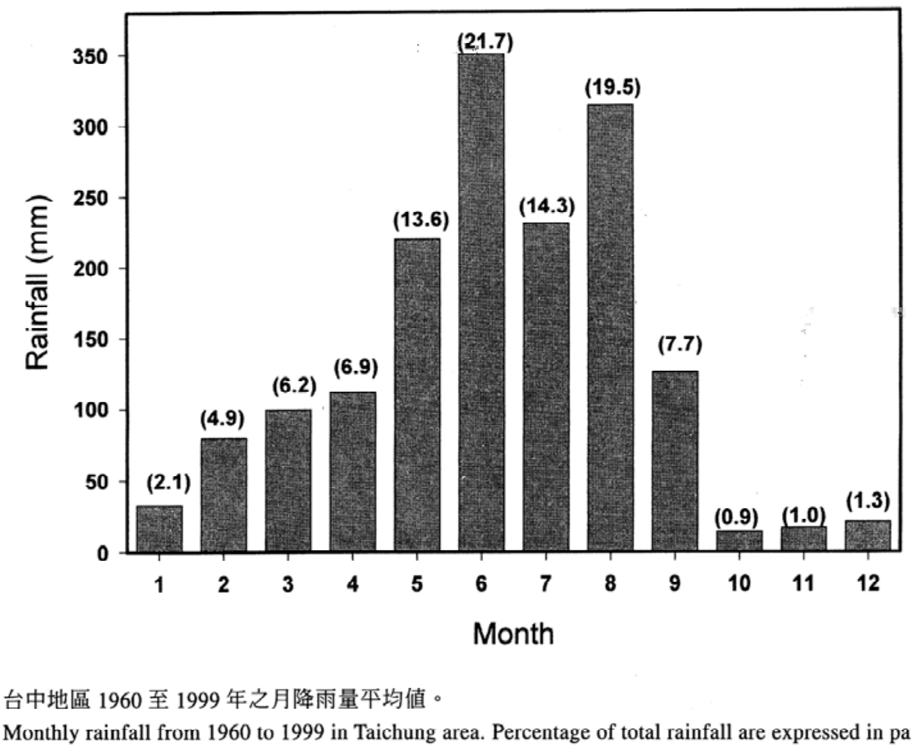


圖 3. 台中地區 1960 至 1999 年之月降雨量平均值。

Fig.3 Monthly rainfall from 1960 to 1999 in Taichung area. Percentage of total rainfall are expressed in parentheses

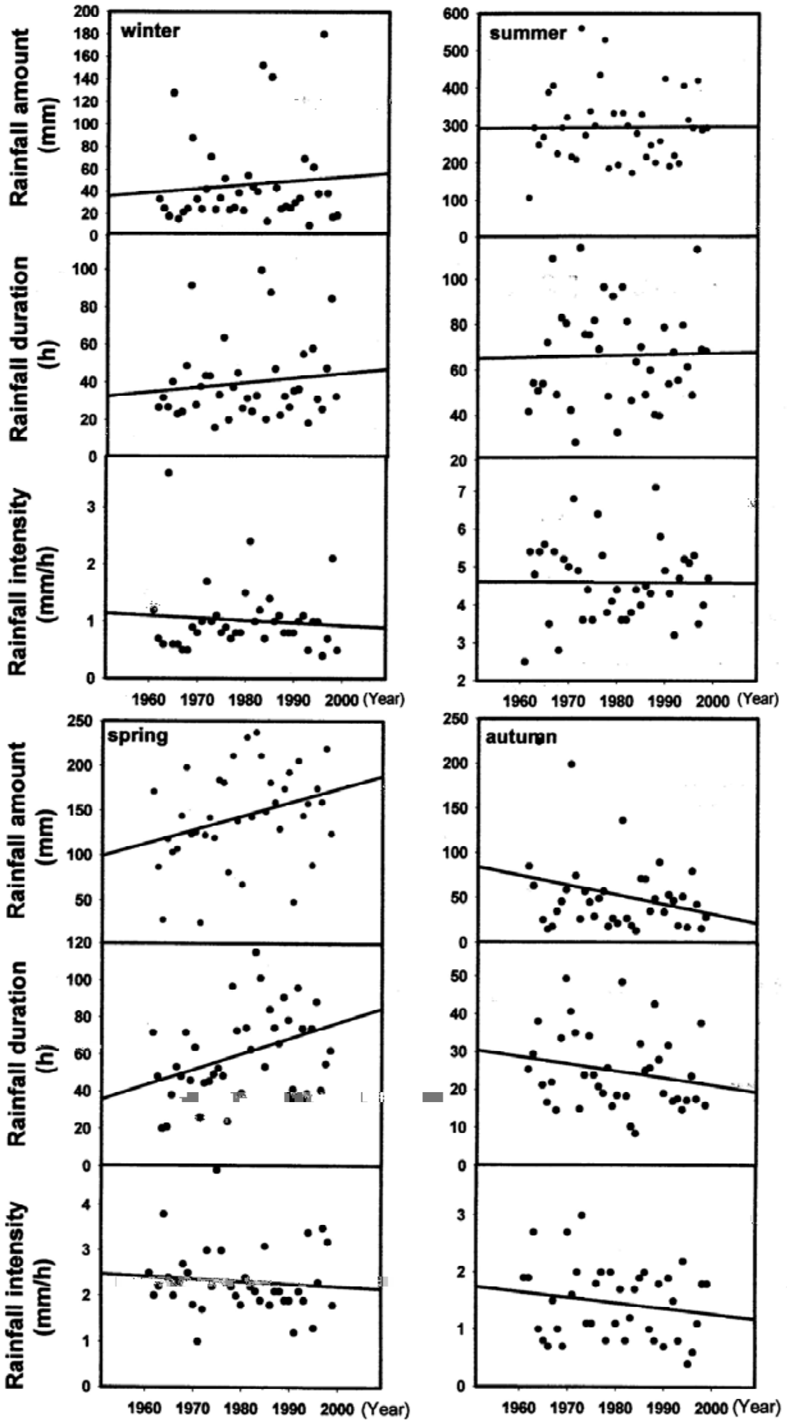


圖 4. 台中地區 1960 至 1999 年之季降雨量、持續時間及降雨強度之變化趨勢。

Fig.4 Seasonal trends for rainfall amount, duration and intensity from 1960 to 1999 in Taichung area.

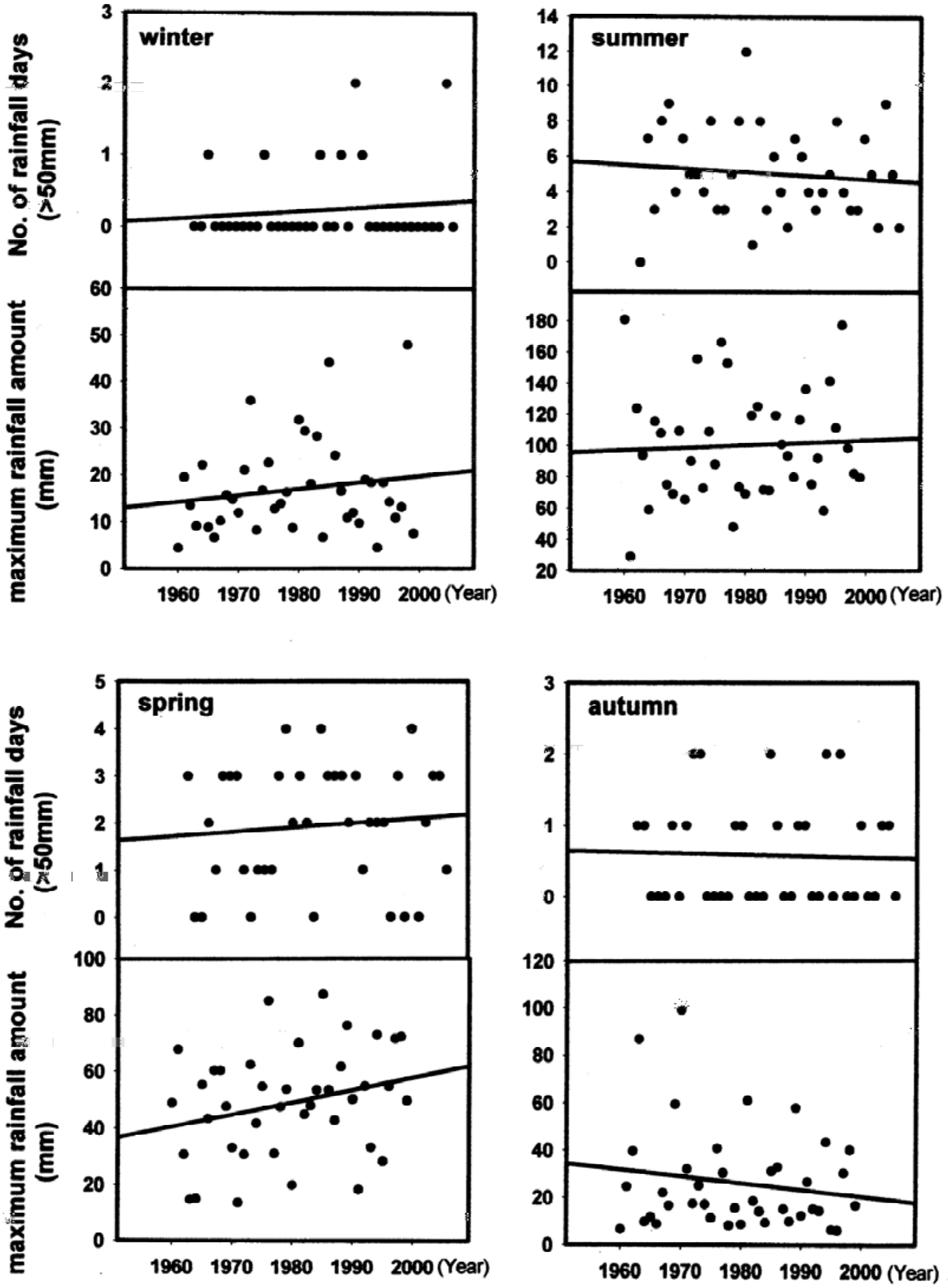


圖 5. 台中地區 1960 至 1999 年之季降雨大於 50 公厘天數、日最大降雨量之變化趨勢。

Fig.5 Seasonal trends for number of rainfall days (>50mm) and maximum rainfall from 1960 to 1999 in Taichung area.

仍是下降，其餘三季屬於則增加趨勢。

降雨時數和持續降雨天數對水稻生長有密切關係。由作物生理的研究，葉片持續濕潤影響光合作用的進行，同時降雨大多伴隨低日射量，長時間降雨阻礙生長[28]。台中地區降雨日數連續性方面，降雨連續天數小於 3 日的事件及最長連續天數並無改變，連續降雨 4-7 天的事件則增加 18.7%（資料未顯示）。

一般探討作物生長受降雨影響常著重於雨量，但事實上，包括降雨持續時間、降雨強度或降雨所伴隨的低日射量，對作物的影響可能超過雨量本身的影響，不過對於這方面探討甚少[6]。由上述分析可知台中地區降水在過去的變化趨勢，雨量增加幅度集中在春季（3,4,5 月），此段時間又是作物生長的主要季節，因此本研究針對春季一些降雨特性利用時間序列分析方法建立預測模式，作爲日後評估台中地區作物生長狀態的參考。

在時間序列模式的建構分爲三個階段：階次認定（order identification）、參數估計（parameter estimation）及診斷檢定（diagnostic checking）。階次認定是以繪圖方式，由自我相關函數圖（autocorrelation function；ACF）、偏自我相關函數圖（partial autocorrelation function；PACF）及延伸自我相關函數圖（extend autocorrelation function；EACF）判斷 ARIMA（p,d,q）內之 p,d,q 階次，並根據差值判斷預測能力之優劣以選取合適模式，同時以最大概似估計法（Maximum likelihood estimation）計算參數之估算值。本研究中包括降雨量、降雨時間及最大降雨量之時間序列如圖 6 所示，降雨時間及最大降雨量是採取 3 年之移動平均。曾[10]利用 ARIMA 預測南部梅雨季降水量時，發現 3 年移動平均係以當年的數值加上前後各一年數值的平均，可消除部分由於降水自然週期，有利於長期趨勢探討。因此本研究所得到的最佳估計模式爲 ARIMA（0,1,3）。不過整個序列有強烈趨於平均值的情形，也就是在極端值位置的振幅仍有低估現象。降雨量的預測，資料需先經過自然對數轉換過程，並配合移動平均設爲 4 年，較能掌握變化趨勢。

討　論

大氣溫度上升影響地表的蒸發，使空氣中水汽循環加速，也就是降水（包括降雨、降雪及霧等）型態的氣象環境增加。但過去或未來大氣溫度是否增加？則有不同的看法，甚至質疑全球是否暖化[32]。造成南轅北轍的結果主要在“雲”。Ramanathan *et al.*,[34]利用衛星影像探討雲及輻射收支平衡發現，暖化是因雲粒子吸收長波輻射，冷卻則因將短波輻射反射回太空中所致。但是雲的形成、雲量多寡及雲層高度，雖然目前有氣象衛星但仍然無法加以量化，同時雲的數值處理也是氣候模式中最棘手問題[29]。雲依據位置、厚度及含水量對溫度具有正反迴饋機制。此外，大氣及地表水氣或水氣含量也影響雲的形成及變化等，雲更直接影響降雨量及光照強度。

雖然對於全球是否暖化仍有異議，但由地面實測資料分析結果，由全球較大區域的溫度變化趨勢而言，平均最高溫度保持不變或略爲下降，但最低溫度增加迅速[33]。由圖 1 的結果說明台中地區的溫度趨勢大致和全球變化一致。當然，一些區域性效應，諸如都市化、灌溉和區域性土地利用的變異都將影響日溫差[25]。至於最高及最低溫度差異日漸縮小的原因，可能是雲量的增加和日射量減少所致[23]。另一方面，由氣候模式的研究認爲降低日溫差可能是結合吸收太陽輻射之部份紅外光、懸浮微粒、水汽的回饋和包含表面蒸散作用等因素所致[21,35]。

豪大雨發生次數和氣象災害損失有直接關係。由圖 5 的結果可知，台中地區發生大雨在冬及春兩季的機率提高，但因冬季發生的次數偏低（40 年僅發生 9 次）並不值得重視，主要在春季不論是降雨量、降水時數及發生大雨的機率在過去 40 年皆有明顯增加的趨勢。盧及許[14]對我國各地降水量的分析結果，大致認爲東部地區變化不大，西部以台中爲分界，以北雨量增加，以南雨量減少。就季節分類，以春季（二月至五月）呈增加趨勢，北部及中部最爲明顯，因此春季降雨的增加是普遍現象。這

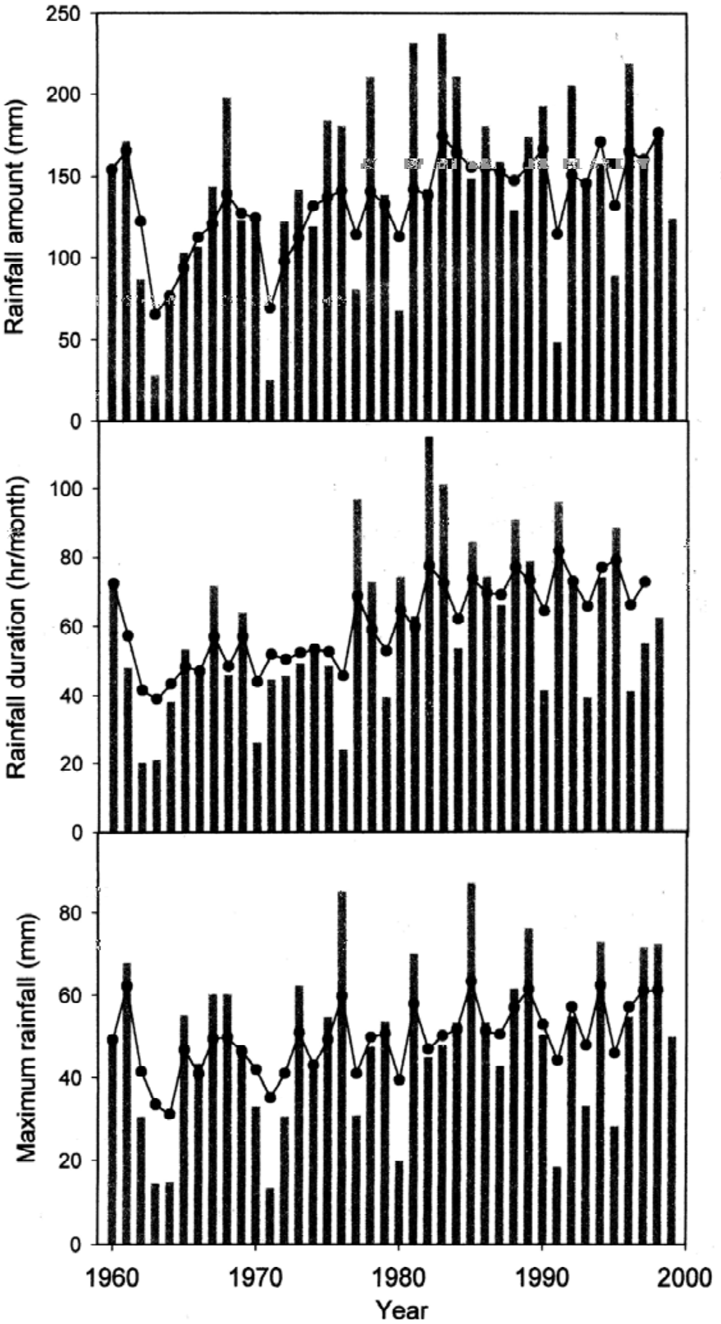


圖 6. 台中地區 1960 至 1999 年之春季降雨量、持續時間及降雨強度之時間序列分析。

Fig.6 Time series for rainfall amount, rainfall duration and maximum rainfall of spring season from 1960 to 1999 in Taichung area.

段時期又是一期作水稻生長期，而一期作又較二期作高產，因此就以水稻生產的觀點，此段時期雨害的相關研究是相當重要。

在本研究中結果部分曾說明，台中地區連續降雨日數 4-7 天的次數有增加情形，至於短於 3 天及長於 7 天的次數並未改變。由於降雨日數越長，作物能接受日射量相對減少，這對光合作用進行及碳水化合物累積影響極大。事實上，連續降雨日數與降水類型有關。李及黃[4]研究不同類型降水在空間雨量的差異，發現鋒面性降雨在測站距離 30 公里，相關係數可達 0.8；滯留鋒面（梅雨）在 20 公里仍可達 0.8；至於對流雨（雷雨）屬局部性降雨，各站間相關性偏低。程及賴[11]分析我國 13 個測站過去 40 年降水類型之趨勢，發現颱風雨除東部增加外，其餘各地皆減少。對流雨及地形雨則大多增加，台中地區以發生在春季爲多。梅雨在玉山以北下降，以南則增加，中部地區則變化幅度較大。同時作者認爲降水類型受聖嬰現象影響。但蕭[15]以聖嬰現象和台灣地區降水量之相關性的分析中，在聖嬰（El Niño）或反聖嬰（La Niño）歷史紀錄期間，我國各地的降雨量並未有增加或減少的情形，同時影響聖嬰現象的海面溫度（Sea Surface Temperature; SST）和降雨量的相關係數甚小，作者認爲聖嬰現象應不是影響台灣地區降雨的主要因素。

降雨預測對於事前防範及事後災害損失評估極爲重要。以現行降雨預報而言，可分爲經驗法、統計法及數值預報法，其中以數值法爲最客觀預報方法，但此種方法需有可靠觀測資料，並且對物理模式及架構之依賴性甚高，受限於解析度，目前預報能力爲兩周，但事實上，準確度只能維持一周以內較爲準確。至於較長時間量化的預報，大部分仍必須依賴統計方式，根據大陸學者尤等[1]對昆明近百年月雨量時間序列之研究結果認爲，月雨量的可預報度爲五個月，準確度約爲 60-65%。而較長時間或氣候變遷的議題研究，大致僅能由 GCM 模式針對"趨勢"（trend）作探討，而無法有精確量化預估。

結　　論

我國農作物生產一直以雨害爲首位氣象災害，每年因降雨所造成嚴重農業損失之事件連續發生，雖然可利用人工設施加以克服，但也僅限於少數園藝作物。未來氣候變遷所導致之水文循環，降雨量將明顯增加，尤其是豪大雨發生的機率將大幅提高，面對此種環境，實有必要加強降雨相關的研究，尤其是與農作物生長有關的特性。

在探討雨害之事前防範措施及事後災害評估時，需先瞭解雨的不同特性對作物傷害有不同型式，舉例來說，我國夏季常有蔬菜短缺現象，主要是豪雨造成蔬菜生產區減產，瞬間豪雨使排水溝渠無法迅速排除，而造成淹水現象；另大型粒徑之雨滴對葉菜類蔬菜葉片的拍打，造成細胞破損呈水漬狀，而失去商品價值。農藝作物之營養生長期對降雨持續時間及低日射量較敏感，成熟期則是降雨後泥濘土壤若配合強風則有倒伏之虞。國內外有關降雨特性對不同作物的影響研究甚少，我國在探討雨害防範及災害預測時，需針對降雨所產生災害有更多方面的探討，才能適切的掌握雨害的損失。

就降雨的統計分析而言，降雨由於隨機性很強，在分析及預測上難度較高，同時所受影響因素極多，如大氣環流、地面蒸發散、海拔高度及地形等，相鄰測站的紀錄可能不同，尤其是地形雨及對流雨更難預測。以台中地區分析爲例，過去 40 年來降雨趨勢，總雨量僅些微增加，但在時間及空間上分布並不均勻，尤其是農作物生長期之春季（3,4,5 月），降雨量及豪雨發生次數顯著增加，此段時期除水稻一期作主要生育期外，也是果樹如桃、李、荔枝開花授粉期，總降雨量或降雨時間過長，影響果樹之結果及產量甚鉅，在未來更應加強此段時間之降雨預測及防範措施研究。

引用文獻

1.尤衛紅、嚴華生、伍從斌。1995。月雨量的可預報性估算試驗。熱帶氣象學報 11 : 41-61。
2.申雍、陳守泓。1994。台灣西南部地區梅雨期間大雨發生機率空間分佈之研究。氣象學報 40 : 160-167。

3.吳宗堯、陳泰然、謝信良、喬鳳倫、陳正改。1984。台灣地區春至初夏之局部性豪雨及其對水稻災害之初步分析。大氣科學 11 : 29-44。

4.李炳和、黃學文。1997。嘉義山區日降雨量之空間分佈特性分析。中華農業氣象 4 : 133-138。

5.姚銘輝、盧虎生、朱鈞。1999。台灣地區日溫差之分析。中華農學會報 188 : 32-46。

6.姚銘輝。2001。人工降雨對水稻生理反應及生育之影響。國立台灣大學農藝學研究所博士論文。台北。台灣。中華民國。

7.胡仲英。1977。應用 ARIMA 模式對台北市月平均溫度與總降水量的分析與預測。氣象學報 23 : 15-26。

8.張培臣。1995。時間數列的自迴歸與移動平均模式及應用。氣象預報與分析 144 : 34-40。

9.郭文鑠、曾文柄、楊之遠、鄭淑賢。1980。台灣地區氣象因子與水稻產量預測模式之初步研究。氣象學報 26 : 71-79。

10.曾鴻陽。1996。應用時間序列 ARIMA 模式預測台灣南部地區梅雨季降水總量。華岡理科學報 13 : 169-180。

11.程萬里、賴威志。1998。近四十年台灣地區降水類型與趨勢之分析。中華農業氣象 5 : 15-26。

12.童慶斌。1997。氣候變遷對大甲溪上游河川流量之衝擊。臺灣水利季刊 45 ; 64-70。

13.楊之遠。1979。台灣地區溫度年變化雨水稻安全栽培期限之關係。氣象學報 25 : 21-28。

14.虞國興、許書平。1998。氣候變遷對水資源之衝擊-雨量分析。農業工程學報 44 : 9-23。

15.蕭政宗。2000。聖嬰現象與台灣地區降雨量之相關分析。農業工程學報 46 : 93-109。

16.Cane, M.A., A.C. Clement, A. Kaplan, Y. Kushnir, D. Pozdnyakov, R. Seager, S.E. Zebiak, and R. Murtugudde. 1997. Twentieth-century sea surface temperature trends. Science 275 : 957-960.

17.Changnon, S.A. 1985. Climate fluctuations and impacts : The Illinois case. Bull. Amer. Meteorol. Soc. 66 : 142-151.

18.Easterling, D.R., B. Horton, P.D. Jones, T.C. Peterson, T.R. Karl, D.E. Parker, M.J. Salinger, V. Razuvayer, N. Plummer, P. Jamason, and C.K. Folland. 1997. Maximum and minimum temperature trends for the globe. Science 277 : 364-366.

19.Groisman, P.Y., T.R. Karl, D.R. Easterling, R.W. Knight, P.F. Jamason, K.J. Hennessy, R. Suppiah, C.M. Page, J. Wibig, K. Fortuniak, V.N. Razuvaev, A.L. Douglas, and P.M. Zhai .1999. Changes in the probability of heavy precipitation: important indicators of climate change. Climate Change 42 : 243-283.

20.Groisman, P.Y., and D.R. Legates. 1995. Documenting and detecting long-term precipitation trends: Where we are and what should be done. Climate Change 31: 601-622.

21.Hansen, J., H. Wilson, M. Sato, R. Ruedy, K. Shah, and E. Hansen. 1995. Satellite and surface temperature data at odds ? Climate Change 30 : 103-117.

22.Hopkins, L.C., and G.J. Holland. 1997. Australian heavy-rain days and associated East coast cyclones : 1958-92. J. Climatol. 10 : 621-635.

23.International Panel on Climate Change (IPCC), 1995: Climate Change 1995. The Supple Mentary Report to IPCC Scientific Assessment. Cambridge : Cambridge University Press,

24.Iwashima, T., and R. Yamamoto. 1993. A statistical analysis of the extreme event: long-term trend of heavy daily precipitation. J. Meteorol. Soc. Jpn. 71 : 637-640.

25.Karl, T.R., P.D. Jones, R.W. Knight, G. Kukla, N. Plummer, V. Razurayev, K.P. Gallo, J. Lindseay, R.J. Charlson, and T.V. Peterson. 1993. A new perspective on recent global warming : Asymmetric trends of daily maximum and minimum temperature. Bull. Am. Met. Soc. 74 : 1007-1023.

26.Katz, R.W., and B.G. Brown. 1992. Extreme events in a changing climate : Variability is more important than average. Climate Change 21 : 289-302.

27.Kimura, K. 1987. Studies on plant response to rainfall. (IX) Effect of the duration and intensity of rainfall on the growth of the bean plant . J. Agric. Met. 42 : 319-327.(in Japanese)

28.Kimura, K., and S. Tanakamaru. 1980. Studies on plant response to rainfall (I) Effect of rainfall on dry matter production of plant leaves. J. Agric. Met. 36 : 189-195. (in Japanese)

29.Mahlman, J.D. 1997. Uncertainties in projections of human-caused climate warming. Science 278 : 1416-1417.

30.Mason, S.J., and A.M. Joubert. 1997. Simulated change in extreme rainfall over Southern Africa. Int. J. Climatol. 17 : 291-301.

31.Mason, S.J., P.R. Waylen, G.M. Mimmack, B. Rajaratnam, and D.J.M Harrison. 1999. Changes in extreme rainfall events in South Africa. Climate Change 41 : 249-257.

32.Pearce, F. 1997. Greenhouse wars. New Scientist 2091 : 38-54.

33.Plantico, M.S., T.R. Karl, G. Kukla, and J. Gavin. 1990. Is recent climate change across the United States related to rising levels of anthropogenic greenhouse gases ? J. Geophys. Res. 95 : 16617-16637.

34.Ramanathan, V., R.D. Cess, E.F. Harrison, P. Minnis, B.R. Barkstrom, E. Ahmad, and D. Hartmann. 1989. Cloud radiation forcing and climate: Results from the earth radiation budget experiment. Science 243 : 57-63.

35.Stenchikov, G.L., and A. Robock. 1995. Diurnal asymmetry of climatic response to increased CO_2 and aerosols : Forcings and feedback. J. Geophys. Res. 100 : 26211-26227.

36.Suppiah, R., and K.J. Hennessy. 1998. Trends in total rainfall, heavy rainfall events, and number of dry events in Australia, 1910-1990. Int. J. Climatol. 10 ： 1141-1164.

37.Wagner, D. 1996. Scenarios of extreme temperature events. Climate Change 33 : 385-407.

38.Wei, W.S. 1994. Time Series Analysis. Addison Wesley company, California, U.S.A.

39.Whetton, P.H., A.M. Fowler, M.R. Haylock, and A.B. Pittock. 1993. Implications of climate change due to the enhanced greenhouse effect on floods and droughts in Australia. Climate Change 25 : 289-317.

Temperature and Rainfall Analysis in Taichung Area, 1960-1999[1]

Ming-Hwi Yao[2,4], Huu-Shen Lur[3], Chun Chu[3] and Jin-Chuan Tsai[2]

Summary

Rainfall could cause serious meteorological damage in agricultural production. Owing to the effects on hydrological cycle by global climate change, especially for the heavy rain. Meanwhile rainfall intensity is also one of the important factors affecting crop production. The objectives of this study is firstly to analyze the trends on total amount precipitation, rainfall duration, rainfall intensity, and other meteorological factors in Taichung over the past 40 years (1960-1999), and to evaluate the impacts of rainfall on the growth and yield of rice. In the change of meteorological factors over the past 40 years, the results showed that the mean temperature increased 0.86℃, mean maximum temperature decreased 0.41℃, and mean minimum temperature increased more than 1.66℃. Therefore, there was a significant decline as 2℃for diurnal differential temperature in Taichung. As for the trends of rainfall, the total amount of rainfall over the past 40 years increased slightly, but the rainfall distribution in temporal and spatial was unequal. The total amount and duration of rainfall , as well as the number of rainstorms apparently increased in spring (Mar, Apr and May) season, which could significantly influence rice yield for rice cultivation. For the establishment of rainfall forecasting the ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) model was employed and the trend of the change in precipitation during spring season could be effectively predicted.

Key word: Rainfall, Climate Change, Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)

1.Contribution No.2115 from Taiwan Agriculture Research Institute, Council of Agriculture. Accepted by May 6, 2002.

2.Respectively, Assistant and Associate Researches, Department of Agricultural Engineering, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.

3.Professor, Department of Agronomy, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, ROC.

4.Corresponding author, E-mail:mhyao@wufeng.tari.gov.tw; Fax:(04)23325144.

中華農業研究(J. Agric. Res. China) 51(2):79~82(2002)

台灣新記錄害蟲-石蒜綿粉介殼蟲 (*Phenacoccus solani* Ferris) (Homoptera : Pseudococcidae)[1]

陳淑佩[2,4] 陳秋男[3] 翁振宇[2]

摘要：本文首次記錄危害多種作物之石蒜綿粉介殼蟲(*Phenacoccus solani* Ferris Homoptera: Pseudococcidae))，該粉介殼蟲爲臺灣之新記錄種。本文簡述其形態、分佈及寄主植物等資料。

關鍵詞：石蒜綿粉介殼蟲、 粉介殼蟲科、新記錄、臺灣。

粉介殼蟲屬於同翅目（Homoptera）介殼蟲總科（Coccoidea）粉介殼蟲科（Pseudococcidae），已知全世界種類超過 2000 種，分屬於 200 多個屬[4]，台灣已記錄的則有 21 屬 37 種[2]。粉介殼蟲皆爲植食性，許多種類爲農林作物、觀賞花木及溫網室作物之重要害蟲，其危害的方式除了以刺吸式口器直接吸食植株之葉片、葉鞘、莖，甚至根部汁液外，蟲體排出的蜜露更引發煤煙病，影響植物行光合作用及觀瞻，降低商品價值。此外，部分種類更能傳播病害如鳳梨萎凋病等，更增加此類害蟲的經濟重要性。

筆者等從 1999 年至 2002 年自田間採集粉介殼蟲爲害之作物樣本回試驗室，加以記錄寄主植物及其分佈地點等採集資料後，(1)利用 70%酒精浸泡標本，並以毛筆將蟲體上方之粉狀物刷除，(2)浸漬蟲體於 10%KOH 12 小時，並利用微針分別在蟲體頭、足附近及腹部 2/3 處上刺孔洞，再以微針輕壓清理蟲體，使其內容物藉由孔洞口處排出，以達透化，(3)利用冰醋酸進行中和 1-2 分鐘後，再將蟲體置於洋紅染色，隔夜後再進行脫水處理，即先後分別以 70%，80%，90%，95%，100%酒精各放置 1-2 分鐘，(4)將 Euparal 膠滴於玻片正中央，將蟲體放入此滴膠液內，經整姿後，覆蓋蓋玻片，以完成封片過程，最後放入 40-45℃烤箱內烘烤 5-7 天之流程，製成玻片標本，再以光學顯微鏡加以鑑定。發現一種與已記錄之櫻丹綿粉介殼蟲（*Phenacoccus parvus* Morrison）[1]同屬之新記錄害蟲-石蒜綿粉介殼蟲（*Phenacoccus solani* Ferris）。

石蒜綿粉介殼蟲（圖一）之觸角通常爲 8 節，少數爲 9 節；足發達，爪下端具 1 齒狀突起；胸氣門 2 對，無腹氣門；背面具 2 對背唇裂，其中一對在頭胸部兩側，稱爲前背唇裂，另一對在腹部末端附近，稱爲後背唇裂；背部體側具 18 對刺孔群，其上具 2 根錐狀毛；腹部腹面具 1 個小型臍斑；肛孔在腹部末端，有肛環，其上具 2 列孔紋和剛毛 6 根；背、腹面皆具三眼孔；腹面僅腹部具少數多眼孔。石蒜綿粉介殼蟲與櫻丹綿粉介殼蟲極爲相似，可依據後者頭胸之腹面側方具管狀腺、腹面腹部具五眼孔的形態特徵加以區分。

1.行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2114 號。接受日期：91 年 5 月 27 日。
2.本所應用動物組助理研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
3.國立台灣大學昆蟲學系教授。臺北市。
4.通訊作者，電子郵件：spchen@wufeng.tari.gov.tw；傳眞機：(042)3302806。

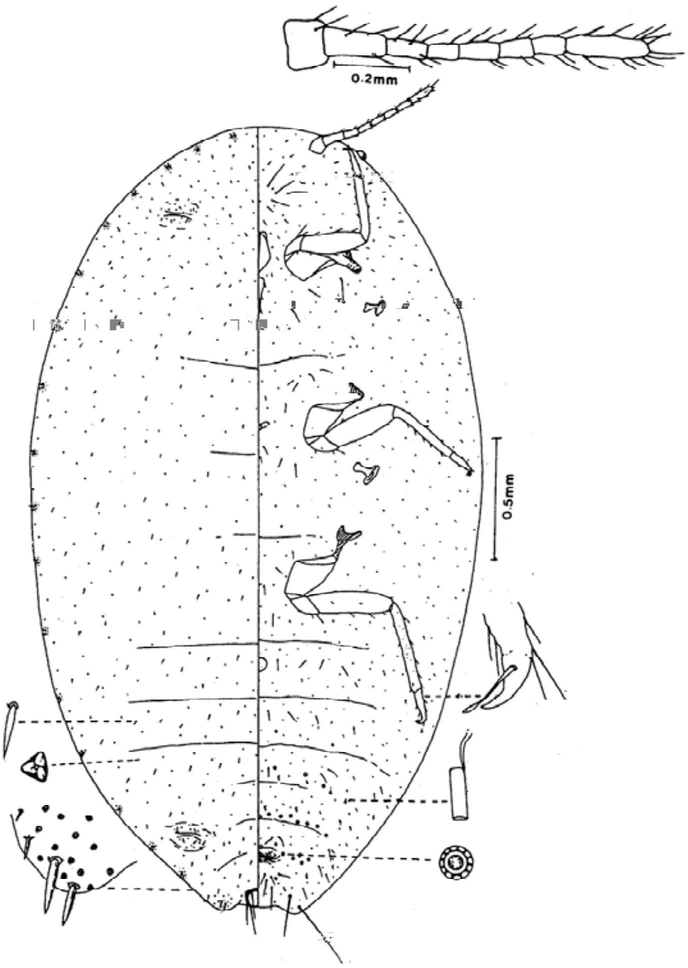


圖1 石蒜綿粉介殼蟲。
Fig1. *Phenacoccus solani* Ferris.

此新記錄之粉介殼蟲採集記錄如下：台北市，1♀，07-IX-2000，周根清 ex 黃花草；台北縣樹林鎮，3♀，15-IV-1999，陳淑佩 ex 金花石蒜；台北縣樹林鎮，2♀，22-V-2001，陳淑佩、翁振宇 ex 金花石蒜；新竹市，4♀，11-X-2001，陳文華 ex 澎淇菊；台中縣霧峰鄉，3♀，02-IX-2000，陳淑佩、翁振宇 ex 菊科；台中縣霧峰鄉，5♀，02-IX-2000，陳淑佩、翁振宇 ex 甜椒；台中縣霧峰鄉，4♀，07-IX-2000，陳淑佩、翁振宇 ex 孤挺花；台中縣霧峰鄉，6♀，07-IX-2000，陳淑佩、翁振宇 ex 納麗石蒜；台中縣霧峰鄉，3♀，05-I-2001，陳淑佩、翁振宇 ex 孤挺花 ；台中縣霧峰鄉，5♀，31-I-2001，陳淑佩、翁振宇 ex 水仙；彰化縣永靖鄉，4♀，05-X-2001，陳淑佩、翁振宇 ex 血百合；台中縣霧峰鄉，2♀，07-XI-2001，陳淑佩、翁振宇 ex 孤挺花；台中縣霧峰鄉，3♀，07-XI-2001，陳淑佩、翁振宇 ex 納麗石蒜；彰化市，4♀，02-I-2001，陳文華 ex 水仙花；彰化市，3♀，16-VI-2001，陳文華 ex 紫背草(菊科)；彰化縣芬園鄉，3♀，10-X-2001，陳文華 ex 王爺葵；彰化縣大村鄉，2♀，25-II-2001，陳淑佩、翁振宇 ex 菊花；彰化縣永靖鄉，4♀，05-X-2001，陳淑佩、翁振宇 ex 血百合；台南市安平

區，2♀，16-V-2001，陳淑佩、翁振宇 ex 白鶴靈芝；台南市，3♀，12-XI-2001，陳昇寬 ex 菊花；金門縣尚義，5♀，23-VIII-2001，陳淑佩 ex 艾草；高雄縣小琉球，7♀，24-IX-2001，陳淑佩、翁振宇 ex 韭蘭；高雄縣小琉球，5♀，24-IX-2001，陳淑佩、翁振宇 ex 紫背草；3♀，14-III-2002，陳淑佩、翁振宇 ex 孤挺花。上述標本均保存於行政院農業委員會農業試驗所昆蟲標本館。

由採集記錄已知石蒜綿粉介殼蟲分佈於台灣（包括離島）23 處，其寄主植物包括石蒜科之金花石蒜、納麗石蒜、血百合、孤挺花、韭蘭、水仙花；菊科之菊花、紫背草、澎淇菊、王爺葵、艾草、黃花草；茄科之甜椒及爵床科之白鶴靈芝等。因爲此害蟲在國外已記錄寄主植物已超過 26 科 52 種作物[3,4]，且包括多種石蒜科及菊科寄主及石蒜綿粉介殼蟲具危害寄主植物隱密的球根、頂芽、鱗皮部或較接近地表之莖葉部之生態特性，故農民可能無法及時加以防治而錯失適當的防治時機，待植株病徵出現時，往往害蟲族群數量已大增，嚴重時可造成全園廢耕的損害，故對我國觀賞花木可能具危害潛力。此外，在採集記錄中，發現若有此害蟲出現時，則同時可能周遭數種植物亦受其爲害，推論此害蟲一旦在一種植物上發生，可能成爲附近其他作物受害的感染源，值得加以注意。迄今台灣各地採集點調查中，僅在 2 處發現同一種跳小蜂（*Anagyrus* sp.）寄生於此粉介殼蟲。應持續加以調查研究，以供石蒜綿粉介殼蟲防治之參考及並作爲天敵輸入與否之依據。

誌　　謝

本研究承行政院農業委員會資助部分經費（90 農科-6.2.4-農-C1），謹此致誠摯謝意。

引用文獻

1.周樑鎰、翁振宇。2000。臺灣產介殼蟲（同翅目：介殼蟲總科）之六新記錄種。臺灣茶業研究彙報 19: 155-160。

2.陶家駒。1999。中國介殼蟲總科（同翅目）名錄。臺灣省農業試驗所特刊第 78 號。176 頁。

3.Ben-Dov, Y. 1994. A systematic catalogue of the mealybugs of the world (Insecta: Homoptera: Coccoidea: Pseudococcidae and Putoidae), with data on geographical distribution, host plants, biology and economic importance. Intercept Ltd., Andover. 686 pp.

4.Williams, D. J., and G. W. Watson. 1988. The scale insects of the tropical South Pacific Region, part 2: The mealybugs (Pseudococcidae). CAB. International, Wallingford. 260 pp.

New record of a pest -*Phenacoccus solani* Ferris (Homoptera : Pseudococcidae) in Taiwan[1]

Shu-Pei Chen[2,4], Chiou-Nan Chen[3] and Cheng-Yu Wong[2]

Summary

The mealybug, *Phenacoccus solani* Ferris endangering on many hosts, was found in Taiwan in 2002. Some comments on morphological characteristics, geographical distribution, parasitoid and host plants of the insect were described.

Key words : *Phenacoccus solani*, Pseudococcidae, new record, Taiwan.

---

1. Contribution No. 2114 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted by May 27, 2002.
2. Assistant Agronomist, Department of Applied Zoology, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Professor of the Department of Entomology, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, ROC.
4. Corresponding author, E-mail address:spchen@wufeng.tari.gov.tw; Fax: (04)23302806.

中華農業研究

第五十二卷　第二期

中華民國九十一年六月出版

發行人：林俊義

總編輯：安寶貞

主　編：陳育信　黃淑華　楊舜臣　陳榮華

編審委員：

農藝組：蔡武雄（主審）
王強生　呂秀英　陳一心　楊純明
劉大江　劉新裕　蔡新聲

園藝組：歐錫坤（主審）
王德男　施昭彰　徐信次　劉政道
劉邦基

農化組：廖慶樑（主審）
王鐘和　郭鴻裕　劉慧瑛　簡宣裕

植病組：張清安（主審）
安寶貞　羅朝村　彭金騰　程永雄
蔡武雄

昆蟲組：羅幹成（主審）
王清玲　何琦琛　陳炳輝　陳健忠
鄭　允　鄭清煥

農機組：梁連勝（主審）
黃禮棟　蔡致榮

種原組：范明仁（主審）

農經組：潘德芳（主審）

另聘請農業評議委員或各大學院校有關學者專家擔任審查委員

Vol. 51., No.2 Jun. 2002

JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH OF CHINA

PUBLISHER: Lin Chien-Yih

EDITOR IN Chief: Ann Pao-Jen

SENIOR EDITORS:

Chen Yu-Hsin, Huang Shu-Hua, Yang Shen-Chen, Chen Long-Far

EDITORIAL BOARD:

Chang Chin-An(Plant Pathology)
Ou Shyi-Kuan(Horticulture)
Liang Lien-Sheng(Agriculture Engineering)
Liaw Ching-Liang (Agriculture Chemistry)
Lo Kang-Chen(Applied Zoology)
Tasi Wu-Hsiung(Agronomy)
Fan Ming-Jen(Crop Genetic Resources)
Pan Te-Fang(Agriculture Economics)

EDITORIAL ADVISORY BOARD:

Ann Pao-Jen	Chen Bing-Huei	Chen Chien-Chung
Chen Yi-Shin	Cheng Ching-Huan	Cheng Edward Yun
Cheng Yung-Hsiung	Chien Shiuah-Yuh	Guo Horng-Yuh
Ho Chyi-Chen	Hsu Hsin-Tszu	Huarng Li-Duhng
Lin Cheng-Chung	Liou Pan-Chi	Liou Tsung-Dao
Liu Dah-Jiang	Liu Huey-Ing	Liu Sin-Yie
Lo Chaur-Tsuen	Lu Hsiu-Ying	Peng Jin-Tong
Shih Jau-Chang	Tasi Wu-Hsiung	Tasi Hsin-Sheng
Tsay Jyh-Rong	Wang Chan-Sen	Wang Chong-Ho
Wang Chin-Ling	Wang Der-Nung	Wu Chi-Guang
Yang Chwen-Ming		

Reviwers of related fields are invited from universities, and other research organizations

中華農業研究第五十一卷第二期

編　者：行政院農業委員會農業試驗所
發行人：林俊義
發行所：行政院農業委員會農業試驗所
地　址：台中縣霧峰鄉413萬豐村中正路一八九號
網　址：http://www.tari.gov.tw
電　話：(04)2330-2301～5
編　輯
印製者：普林特印刷有限公司
地　址：台北縣三重市忠孝路二段三十八巷六號
電　話：(02)29845807

中華民國91年6月出版

Vol. 51, No.2

Jun. 2002

JOURNAL OF
AGRICULTURAL RESEARCH OF CHINA
(Formerly Journal of Taiwan Agricultural Research)

CONTENTS

Development of a Single-Cross Green Maize Hybrid Tainung No.4
..................Guang-Jauh Shieh, Chan-Lee Ho, Hung-Shung Lu, Bing-Huei Chen, Jyh-Nong Tsai and Huey-Ing Liu··· 1

Analysis on the Contents of Polysaccharide and Its Fractions in Different Varieties (Clones) of Hsian-tsao (*Mesona procumbens* Hems.)
....Min-Fu Hu, Shu- chin Lo and Sin-Yie Liu···17

Breeding selection and cultivation of *Vitis thunbergii* Sieb. & Zucc. var. *Taiwaniana.*
(I)The phenotypic variation of *Vitis thunbergii* Sieb. & Zucc. var. *Taiwaniana.*
....Yi-Kung Lin, Sin-Yi Liu, Ruey-Sheng Lai, Min-Fu Hu, Jui-Lung Kao, and Yuan-Ten Shyu···24

Seasonal Variation and Quantitative Analysis of Growth Patterns in Size and Shape for Taro Leaves
...............................Hsiu-Ying Lu, Meng-Li Wei, Chun-Tang Lu and Lit-Fu Chan···32

Modeling of Organic Matter Turnover and Fertility Maintenance in Taiwan and Japan
....Chi-Ling Chen, Shen Lian···50

Temperature and Rainfall Analysis in Taichung Area, 1960-1999
................................Ming-Hwi Yao, Huu-Shen Lur, Chun Chu and Jin-Chuan Tsa···66

New record of a pest -*Phenacoccus solani* Ferris (Homoptera : Pseudococcidae) in Taiwan
....Shu-Pei Chen, Chiou-Nan Chen and Cheng-Yu Wong···79

Published by
THE TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH INSTITUTE,
COUNCIL OF AGRICULTURE
Taichung, Taiwan, Republic of China

定價：新臺幣一七五元

ISSN 0376-477X

9 770376 477003
GPN025263890075